

RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



UNIVERSITE DE JIJEL

جامعة جيجل

FACULTE DES SCIENCES

كلية العلوم

DEPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET
D'ENVIRONNEMENT

قسم علم البيئة والمحيط



60.06/06

MÉMOIRE

En vue l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état en écologie végétale et
environnement

Option : Pathologie des écosystèmes

Thème

*Evaluation des teneurs en plomb
du sol au niveau du site de la
décharge Béni Ahmed (risque
d'une pollution géogène)*

KRIKA. A

Membre de jury

ROUIBAH MOUAD

KRIKA ABDERRAZZAK

Encadreur : M^{me} BOUBEZERI BENFRIDJA LEILA

Présenter par

BOUAB NAIMA

HAROUNE WASSILA

Promotion 2006

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu de nous avoir donné la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudee et nos sincères reconnaissances à madame : Benfridja Leila pour mettre à notre disposition tous les moyens pour bien mener ce travail ainsi que pour ses précieux conseils, ses encouragements et sa patience.

Nos remerciements vont également à Mr Rouibah président de jury et Mr Krika qui ont bien voulu accepter d'évaluer notre travail.

Nous remercions bien aussi :

Mr Boumaza Kamal le chef du parc de L' A.P.C de Jijel.

Mr Bouraoui Azzedine l'adjoint du secrétaire générale de la bibliothèque centrale de l université de Annaba pour son aide et son chaleureux accueil.

Mr Maarouf Brahim qui nous a aidé à la réalisation des nos analyses dans le laboratoire des travaux publiques de Jijel.

Nos vifs remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants de la filière d'écologie en particulier Mr Sebti Mohamed et Roula Salah eldine pour leurs précieux conseils.

Tout le personnel du laboratoire de département de la biologie.

En dernier lieu, on doit aussi une mention particulière à nos chers parents, amis (es), camarades de promotions et tous ceux qui nous ont soutenu durant la réalisation de ce travail.

*M. S. 2014
D. S. 2014*

sommaire

● INTRODUCTION.....	1-2
---------------------	-----

Chapitre I: synthèse bibliographique

1. Notion de déchets.....	3
1.1 .Définition de déchets.....	3
1.2 .les types de déchets.....	3
1.2.1 .Déchets urbains.....	3
1.2.2 .Déchet industriel	4
1.2.3. Les déchets agricoles.....	5
1.3 .Gestion des déchets.....	5
1.3.1. Recyclage.....	5
1.3.2. Compostage.....	5
1.3.3. incinération.....	5
1.3.4. La mise en décharge	5
2. Notion de la décharge.....	6
2.1. Définition.....	6
2.2. Types de décharge.....	6
2.2.1. Décharges brutes.....	6
2.2.2. Décharges sauvages.....	7
2.2.3. Décharges contrôlés.....	7
2.2.4. Les différents types de décharge contrôlés.....	7
2.2.4.1. Décharge contrôlée pour les résidus stabilisés. (classe1).....	7
2.2.4.2 .Décharge contrôlée bioactives (classe2).....	8
2.2.4.3. Décharge contrôlée pour les matériaux inertes (classe3).....	9
3.Les Lixiviats de décharges.....	9
3.1. Définition.....	9
3.2.La formation des lixiviats.....	9
3.3. Drainage et collecte.....	9
4. Gaz de décharge (biogaz).....	10
4.1. Définition.....	10
4.2. Les étapes de la formation de gaz.....	10
4.3. Reglamantation du biogaz.....	11
4.3.1. Le Captage du biogaz.....	11

4.3.2. Le traitement du biogaz.....	12
5. Métaux lourds ou éléments traces.....	13
5.1. Définition.....	13
5.2. Les Métaux lourds dans les déchets.....	13
5.3. Les Métaux lourds dans le sol.....	13
5.4. L'origine des métaux lourds dans le sol.....	13
5.4.1. L'origine anthropogène.....	13
5.4.2. L'origine géogène.....	14
5.5 Le fond pédogéochimique.....	14
5.6. Comportement des métaux lourds dans les sols.....	15
5.7. Facteur du milieu affectant la mobilité des ML dans le sol.....	16
5.7.1. La texture du sol.....	16
5.7.2 .La matière organique.....	16
5.7.3 .Le PH.....	17
5.7.4 .La capacité d'échange cationique (CEC).....	17
5.7.5 .Le temps.....	17
5.7.6. La distance de la source de contamination.....	17
5.8. La toxicité des éléments traces.....	17
5.9. Relation métaux lourds sol.....	18
6. Métal lourd étudié : (Plomb).....	18
6.1. Généralité.....	18
6.2. Les caractéristiques physico-chimiques du plomb.....	19
6.3. Le plomb dans le sol.....	20
6.4 Le comportement du Pb dans le sol :spéciation et mobilité.....	20
6.5. Le plomb dans les déchets.....	21
6.6. L'effet toxique du plomb.....	22
6.6.1. L'effet toxique du plomb sur le sol.....	22
6.6.2. L'effet toxique du plomb sur les végétaux.....	22
6.6.3. L'effet toxique du plomb sur l'homme.....	22
Chapitre II : présentation de la zone d'étude	
1. L'état naturel du site.....	23
1.2. Situation géographique	23
1.3Aperçu climatique.....	24
1.4. Aperçu hydrologique.....	26

1.5. Aperçu géologique et hydrologique.....	26
1.6. Faune et flore.....	26
2. Description sommaire du projet.....	26
2.1 Les aménagement préliminaires.....	26
2.2 Les aménagement prévus pour l'exploitation de la décharge.....	27

Chapitre III : matériel et méthodes

1. Protocole expérimentaux.....	29
1.1. Le terrain.....	29
1.1.1. Echantillonnage (choix des stations).....	29
1.1.2. Prélèvement au niveau des deux stations.....	29
1.1.3. Technique des prélèvements.....	30
1.2. Le laboratoire.....	30
1.2.1. Analyse de sol.....	30
1.2.1.1. Analyse granulométrie.....	31
1.2.1.2. Mesure de pH.....	31
1.2.1.3. Calcaire totale.....	31
1.2.1.4. Matière organique.....	31
1.2.1.5. Capacité d'échange cationique (CEC).....	31
1.2.1.6. Détermination de la conductivité électrique (CE).....	31
1.2.1.7. Détermination de la densité apparente.....	31
1.2.1.8. Dosage du plomb.....	32
1.2.1.8.1. Extraction.....	32
1.2.1.8.2. Dosage du Plomb.....	32
1.2.1.8.3 Justification du choix de l'extraction des teneurs totales.....	32
1.2.1.8.4. Justification du choix de la méthode d'extraction à l'eau Régale.....	32

Chapitre IV : Résultat

1. Texture du sol.....	34
2. Le pH du sol.....	34
3. Calcaire totale.....	35
4. La matière organique.....	36
5. La capacité d'échange cationique.....	37
6. La conductivité électrique.....	38
7. La densité apparente.....	39

Chapitre V : Discussion et interprétation

1 .Teneur en plomb	42
2. Texture du sol.....	43
3. Le pH du sol.....	43
4.Le calcaire totale	44
5.La matière organique	45
6.La capacité d'échange cationique	46
7.La conductivité électrique	47
▪ CONCLUSION.....	49-50
Références bibliographiques.....	51-55

Listes des abréviations

DMS : déchets ménagers spéciaux.

DIB : déchets industriels banals.

DIS : déchets industriels spéciaux.

PCB : polychlorobiphényles .

PCT : polychloroterphényles.

OFS : office fédérale de santé.

CET : centre d'enfouissement technique.

CNID : Centre national d'information indépendante sur les déchets.

ETM : éléments traces métalliques.

CEC : capacité d'échange cationique.

Pb: plomb.

OFEEP : Directive pour le prélèvement d'échantillons de sols et analyses de substances polluantes.

CE: la conductivité électrique.

MO : matière organique.

CaCO₃ : calcaire totale.

Da : densité apparente.

Pbs : plomb de sulfure.

Pbo : le bioxyde de plomb.

Pb (CH₃)₄ : le plomb tétra méthyle.

(PbC₂H₅)₄ : le plomb tétra éthyle.

Cd : cadmium.

Hg : mercure.

Zn: zink .

Ni : nickle .

Mn: manganèse

Cr: chrome

V:vanadium.

ONM: Office national de météorologie.

P: précipitation.

T:température en degrés celcius

F S: Office fédérale de la statistique.

Co:colbat.

Introduction

Introduction

Les déchets et la pollution ne sont pas des problèmes nouveaux, ce qui est neuf est l'ampleur du problème et les façons dont il touche presque chaque aspect de notre vie.

Un système complexe et coûteux doit être organisé pour éliminer ces déchets : le ramassage des ordures, constitue la plus grande part des frais mais le traitement final des ordures devient plus difficile à mesure que leur quantité augmente. (Johnston et Carl, 1991).

La façon la plus courante de se débarrasser des ordures ramassées et de les déverser dans des décharges sauvages le cas de la décharge de Mazghitane (Jijel) qui connaît une situation critique a obligé les autorités compétentes de construire une nouvelle décharge contrôlée, située au niveau de Beni Ahmed (Jijel) pour remplacer l'ancienne décharge, et de ce fait diminuer les risques encourus par cette dernière.

Selon (Baize, 1997) Pour connaître le degré de la contamination d'un sol, il ne suffit pas de confronter ses résultats aux valeurs seuils d'une réglementation ou à des références étrangères. Il est nécessaire d'estimer d'abord le fond pédogéochimique local, c'est-à-dire de déterminer les concentrations naturelles en éléments traces métalliques présents dans un sol, résultant uniquement de l'évolution géologique et pédologique en absence de tout apport lié aux activités humaines.

Alors nous essayons de contribuer par ce travail à faire une étude préliminaire sur le site de décharge par la détection du fond pédogéochimique ; afin d'éviter des contresens déplorables au moment de l'interprétation des résultats d'analyses dont le nombre va croître dans l'avenir. En d'autres termes, il faut prendre conscience qu'on peut observer localement des teneurs en éléments traces métalliques supérieures à telle ou telle valeur réglementaire sans avoir à invoquer une pollution d'origine anthropique.

Le plomb est l'un des éléments traces constituant le fond pédogéochimique, donc nous nous sommes basés dans notre étude sur la pollution géogène par le plomb.

Le plomb est surtout étudié en raison des risques qu'il présente pour l'homme et l'animal, il est reconnu pour être toxique même à faible dose, car il a un effet cumulatif (Autissier, 1983).

À côté de l'évaluation des teneurs totales en plomb, un travail de recherche bibliographique est nécessaire, il nous permettra de mieux saisir la notion des concepts de

1. Notions de déchet

1.1. Définition de déchets

Toute substance ou objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'obligation de se défaire en vertu des dispositions nationales en vigueur « loi internationale du 15 juillet relative aux déchets » (London, 1999).

1.2. Les types des déchets

1.2.1. Déchets urbains

C'est l'ensemble des déchets dont l'élimination, au sens donné par les textes législatifs relève de la compétence des communes. Parmi les déchets urbains on peut distinguer les catégories suivantes :

1.2.1.1. Les déchets ménagers et assimilés

Les déchets ménagers correspondent à ceux produits par l'activité domestique des ménages. Les déchets assimilés sont issus de commerce de l'artisanat, des bureaux et des industries.

1.2.1.2. Déchet de l'assainissement collectif

Boue d'épuration, les déchets de curage des réseaux, d'assainissement, des déchets de dégraissage et des déchets de dégrillage en tête de station d'épuration.

1.2.1.3 Déchet verts des espaces publics

Issue de l'exploitation, de l'entretien ou de la création des jardins et d'espaces verts publics.

***Encombrants**

- Déchets de l'activité domestique occasionnelle des ménages :

Ils comprennent notamment les équipements ménagers usagés, tel que l'électroménager, vieux meubles et literie, ferraille, textiles et vêtements, gros cartons... etc.

- Déchet de chantier :

Bâtiment (bois, matière plastique, métaux, béton) et génie civil (asphalté, revêtement routiers).

- Divers

Déchets d'origine animale, voitures usagées, batteries d'automobiles, déchets électroniques.

1.2.1.4. Déchets ménagers spéciaux (D M S)

Déchets toxiques ou dangereux produits en faible quantité par les ménages. Il s'agit de produit de bricolage (solvants, peintures...), d'entretien (détergents), de jardinage (pesticides...) ou de divers déchets comme les piles et les huiles minérales.

1.2.2. Déchets industriels

Produits par les activités industrielles. Ce sont les déchets qui ne peuvent être ni admis en décharge ni ramassés avec les ordures ménagères en raison de leur quantité ou de leur toxicité. Il s'agit entre autres :

1.2.2.1. Déchets industriels banals (D I B)

Regroupent les déchets non dangereux produits par les industries et les entreprises du commerce, de l'artisanat, de l'administration...etc. Ce sont des déchets d'entretien et des matériels en fin de vie.

1.2.2.2. Déchets industriels spéciaux (D I S)

Appelés aussi toxiques. Ce sont les déchets qui, par leur nature ou leur volume, font courir un risque et nécessitent un traitement spécifique dans des installations adaptées. Parmi les déchets spéciaux on trouve : huiles usagées, matières de vidange, déchet de soin, déchets de PCB (polychlorobiphényles) et PCT (polychloroterphényles).

1.2.2.3. Déchets inertes

Sont les déchets non toxiques non biodégradables, très peu solubles dans l'eau et non oxydables.

1.2.3. Les déchets agricoles

Ils correspondent aux déchets de l'élevage, des cultures et de l'industrie agroalimentaire. Les déchets provenant de l'élevage et des cultures sont plus abondants que les déchets industriels. Ils posent un problème d'infiltration dans le sol et ont un inconvénient pour le voisinage (Koller, 2004)

1.3. Gestion des déchets

La gestion des déchets est un système complexe dans lequel les prix, les capacités et les lois dirigent les flux de matière (O .F. S, 1997).

1.3.1 Recyclage

Réintroduction d'un matériau récupéré dans le cycle de production dont il est issue. Exemple ; recyclage des débris de verre ou calcin dans la fabrication du verre (Murat, 1981)

1.3.2 Compostage

Le compostage est une méthode par laquelle les matières organiques usées sont décomposées et stabilisées de manière à être récupérées sous forme d'un produit final appelé « *Compost* », qui est employé comme engrais dans l'agriculture (Lamoisc et Roy, 1976).

1.3.3 Incinération

C'est la technique choisie par de nombreux syndicats intercommunaux en raison d'avantages majeurs. Elle permet la valorisation des ordures, en produisant de la chaleur, transformée en eau chaude alimentant le réseau de chauffage urbain, ou en électricité (Faurie et al, 2003).

1.3.4 La mise en décharge

Les déchets qu'il est impossible de valoriser doivent être mis en décharge, le cas échéant après traitement (O.F.S, 1997).

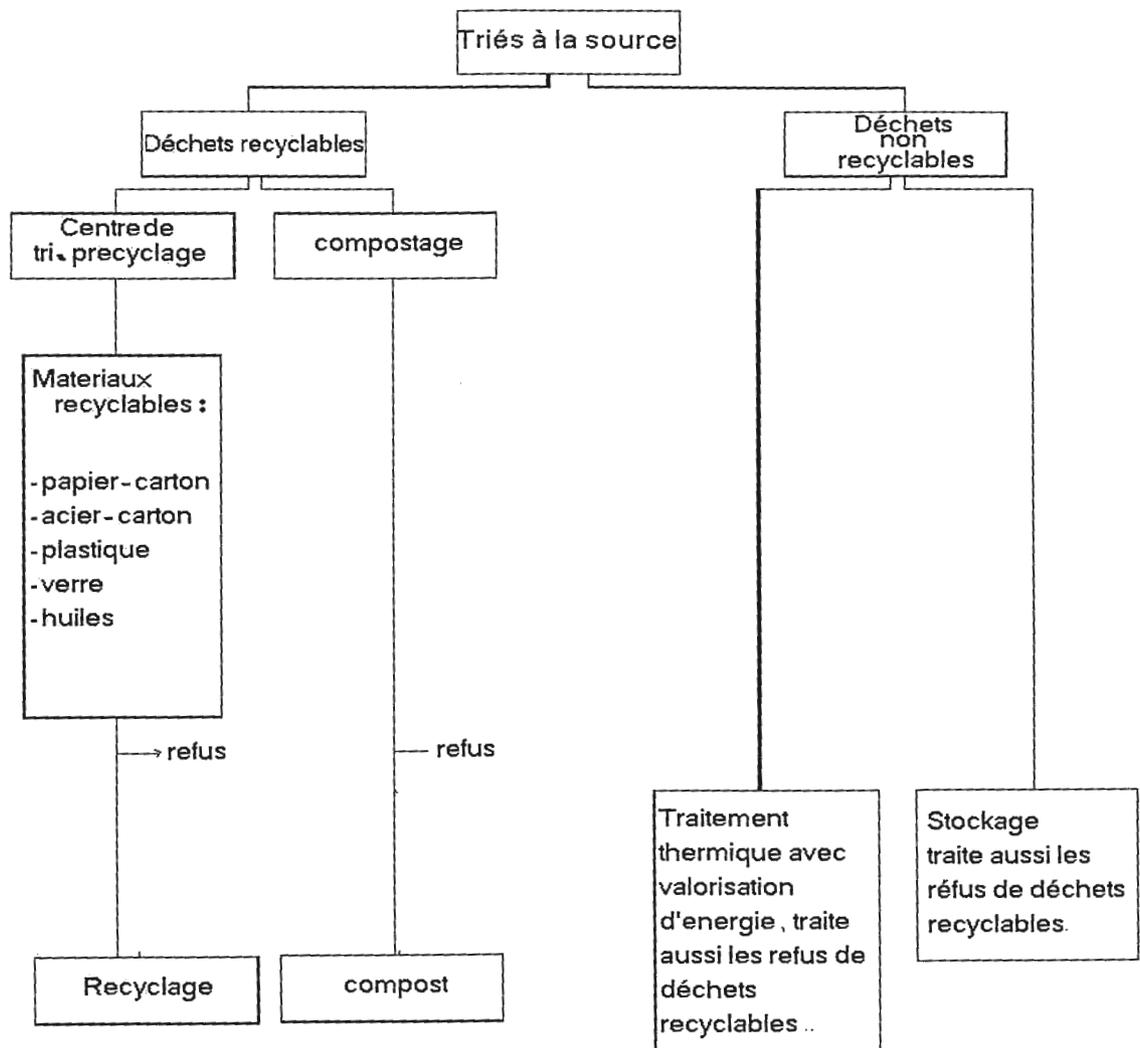


Fig.01 : Circuit de traitement des déchets collectés. (Koller .2004)

2. Notion de la décharge

2.1. Définition

Ce sont des zones dans lesquelles sont déposés des déchets domestiques ou industriels (Ramande, 2003).

2.2. Types de décharges

2.2.1. Décharges brutes

Elles sont constituées de déchets municipaux non inertes, elles sont directement exploitées par une municipalité ou laissées par celle-ci à la disposition des administrés, sans autorisation préfectorale au titre de la législation sur les

Installations classées pour la protection de l'environnement. Elles présentent des risques pour la pollution des sols et les nappes phréatiques.

2.2.2. Décharges sauvages

Elles sont composées de dépôt de détritiques divers, éventuellement toxiques ne faisant l'objet d'aucun contrôle. Certaines sont cataloguées sur la liste noire des sites orphelins en matière de sols pollués (Damien, 2004)

2.2.3. Décharges contrôlées

Appeler centre de stockage ou centre d'enfouissement technique (C. E. T).

Ce sont des sites de qualité géologique convenable où les déchets sont disposés en couches minces recouvertes de terre ou compactés par des engins spéciaux, elles ne peuvent être ouvertes qu'avec une autorisation administrative, donc ce type de décharge est un site industriel qui utilise des technologies modernes.

2.2.4. Les différents types de décharges contrôlées

A l'heure actuelle on distingue trois types de C. E. T :

2.2.4.1 Décharge contrôlées pour les résidus stabilisés (Classe 1)

Ce type de décharge a pour objet d'isoler de la biosphère dans des meilleures conditions, les substances susceptibles de poser des problèmes en les enfermant sous une chape (figure : 02)

Un peu plus étanches que les décharges de la classe 2 on y admet des déchets dangereux ultimes résultant ou non de traitement d'un déchet qui n'est plus susceptible d'être traité. Ces résidus doivent être stabilisés par le procédé physico-chimique.

Ce type de centre ne peut être installé que sur les terrains imperméables (argileux).

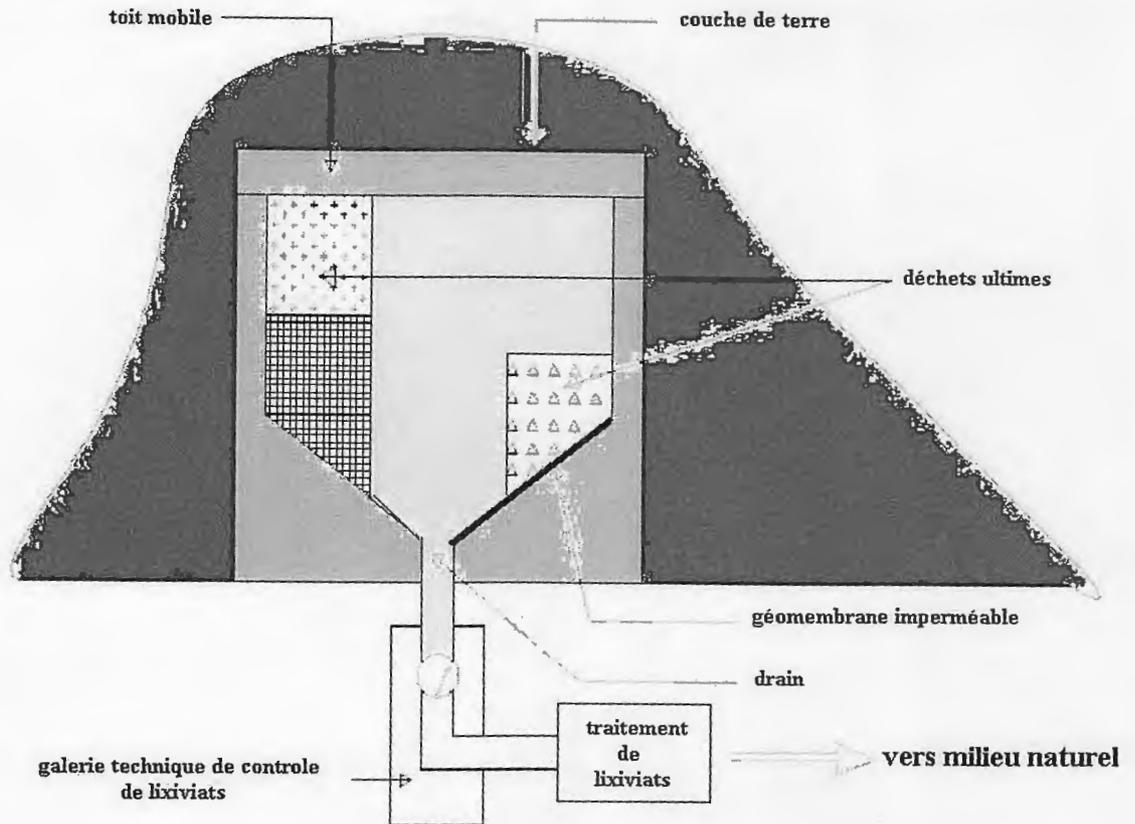


Fig:02: Schéma d'une décharge de classe 1 pour des déchets ultimes (Koller .2004)

2.2.4.2. Décharge contrôlée bioactives (Classe2)

Installation classée soumise à une autorisation, elle admette les ordures ménagères, les déchets industriels et commerciaux banales, elles sont installées sur des terrains semi-perméables.

A leur arrivée, les déchets sont soumis à plusieurs contrôles concernant leurs compositions, leur poids et leur provenance, puis on procède à leurs compactages. Après un temps de stockage, les couches supérieures subissent une décomposition aérobie alors que les couches profondes subissent une décomposition anaérobie et dégagent du gaz carbonique et du méthane qui sont brûlés sur place dans une torchère. On constate aussi la production d'un jus malodorant (lixiviat).

Ce type de décharge doit être hors des zones de protection des eaux souterraines et hors des bassins d'alimentation de sources qui pourraient être utilisées comme des eaux potables. Il doit être à l'abri de toute inondation, d'avalanches ou de mouvement de terrain.

2.2.4.3. Décharge contrôlée pour les matériaux inertes (classe 3)

On y admet les déchets inertes, c'est-à-dire des déchets qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique et qui ne sont pas biodégradables. Ces décharges servent au stockage des déchets minéraux faiblement polluants provenant essentiellement du secteur de la construction et comprenant les matériaux inertes peu réactifs : déchets des chantiers comme le béton, le verre ...etc.

Ce type de décharge peut-être installée sur des terres perméables (Koller, 2004).

3. Les lixiviats de décharges

3.1. Définition

Lixiviats sont des eaux résiduelles qui proviennent de la percolation à travers le massif de déchets de l'eau contenue dans les déchets et de l'eau apportée par les précipitations. Sa composition est extrêmement variable selon les différentes classes de stockage (Billar, 1999).

3.2. La formation des lixiviats

Le ruissellement et le lessivage de décharges sont la source de lixiviats.

Les mécanismes de formation de lixiviats de nature biologique et physico-chimique sont très complexes.

Les déchets enfouis servent de substrat aux micro-organismes (bactéries, levures et champignons) dont l'activité a des effets directs multiples (pH, potentiel redox...) ou peuvent déclencher des phénomènes physico-chimiques secondaires (dissolution, précipitation ...etc.).

En retour, ces mécanismes biologiques se trouvent sous la dépendance des paramètres physico-chimiques du milieu.

La genèse des lixiviats implique simultanément des processus aérobies et anaérobies, liés au mode d'exploitation de la décharge (Billar, 1999).

3.3. Drainage et collecte

Le caractère imperméable du terrain qui doit garantir la protection des eaux souterraines entraîne la rétention et l'accumulation des percolats en forme d'alvéoles.

Les alvéoles doivent disposer d'un réseau de drainage interne (réseau de collecte de lixiviats) permettant de pomper les percolats dans des puits. Les lixiviats ainsi recueillis au point bas des alvéoles sont refoulés vers les bassins de stockage, pour être épurés ou neutralisés afin d'éviter la contamination des nappes phréatiques (Ramade, 2002. et Billar, 1999).

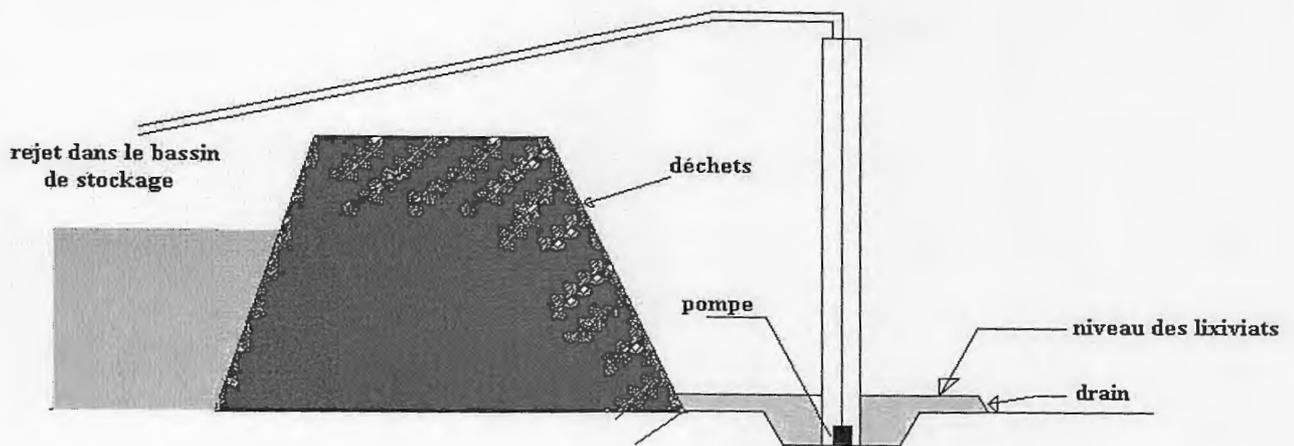


Fig.03 : Evacuation des lixiviats par pompage . (Billar . 1999)

4. Gaz de décharge (biogaz)

4.1. Définition

Le biogaz est un mélange gazeux hétérogène et évolutif qui résulte de la dégradation de la matière organique. Sa quantité dépend de nombreux paramètres comme ; la nature des déchets, le taux compactage, l'humidité et la température...etc.

En condition anaérobie, il est constitué de 40 à 60% de méthane, de 35 à 50% de dioxyde de carbone, d'hydrogène sulfuré et de nombreux autres éléments à l'état de traces. Il est mal odorant, combustible, explosif et contribue à l'effet de serre (CNID, 2001).

4.2. Les étapes de la formation du gaz

a) fermentation aérobie

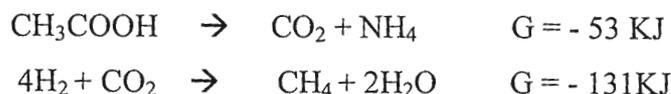
Le corps de décharge contient encore une quantité suffisante d'oxygène permettant la biodégradation aérobie, puis l'air est peu à peu remplacé par le CO₂.

b) fermentation acide anaérobie

Dans cette phase, des substance telle que : graisse, cellulose et protéines sont transformées en produits intermédiaires lesquels sont finalement décomposés dans les produits fermentés classiques (acide gras de chaîne courte, CO₂ et H₂). La production de CO₂ et H₂ atteint son maximum (Billard, 1999).

c) La fermentation alcaline

Au cours de cette période et par l'intermédiaire des bactéries mutagènes réductrices de sulfates et dans certains cas de dénitrification à partir de la biomasse, il se forme essentiellement du méthane (CH₄) et de dioxyde de carbone (CO₂) selon les deux réactions suivantes :

*d) méthanisation stable anaérobie*

Elle commence après 1,5 à 2 ans et dure des décennies dans laquelle la composition des gaz reste constante avec 55 à 60% de CH₄ et 40 à 45% de CO₂ par apport à une tonne de décharge. Il se forme 150 à 250 m³ de gaz de décharge (Bilfiert et ~~per~~Maud, 2001).

4.3. Réglementation du biogaz*a)Le captage du biogaz*

Tant que le corps de décharge indique une pression de gaz interne supérieur à la pression atmosphérique, le gaz de décharge est chassé vers la surface et se dilue dans l'air.

En raison des risques, des migrations possible et de la pollution dans l'environnement, le captage forcé du gaz de décharge et son élimination contrôlée s'imposent. Lors du dégazage, un système de captage du gaz de décharge adapté force une aspiration du gaz en provoquant une légère dépression à l'intérieur du corps. Les systèmes de dégazage sont flexibles et peuvent être implantés à tout moment. Habituellement, les puits de biogaz sont installés après que la masse de

déchets atteint sa hauteur maximale. Le gaz drainé par les puits est transporté par les collecteurs. La conception générale d'un réseau de collecte de biogaz peut être schématisé selon la figure N°5.

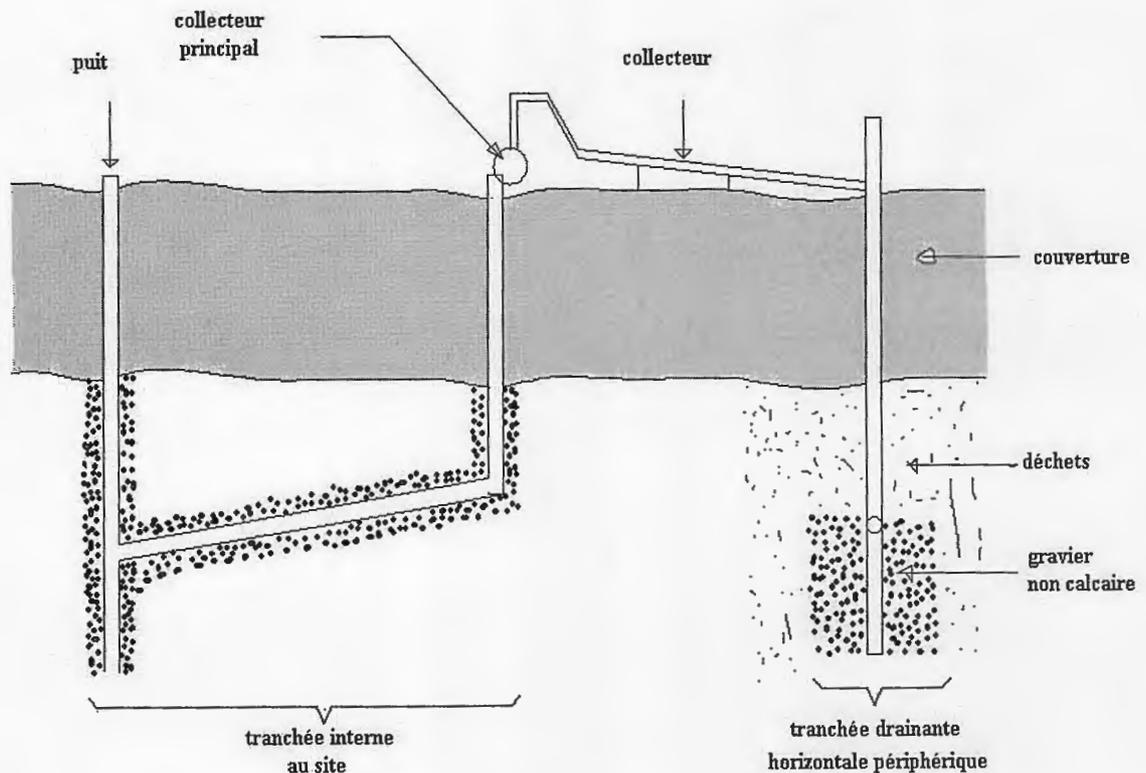


Fig. 04 : Réseau de dégazage . (Billar . 1999)

b) Le traitement du biogaz

Il peut être traité par combustion dans un torchère.

Installation de traitement du biogaz par combustion à l'air ou valorisé de 4 manières :

- Après épuration il peut être injecté dans le réseau du gaz naturel.
- Il est possible de le transformer en électricité après combustion dans un moteur thermique ou dans des turbines à gaz.
- Le biogaz permet aussi la production de chaleur après combustion dans les chaudières.
- Il est utilisé comme carburant pour véhicule après épuration (CNID, 2001).

5. Métaux lourds ou éléments traces

5.1. Définition

Les éléments traces sont des micro-éléments inorganique et présents en concentrations très faibles dans les organismes et peuvent avoir des effets toxiques sur ceux-ci .

Il existent à l'état naturel dans l'environnement et comprennent des métaux et des métalloïdes. Ils interviennent aussi de manière positive pour certaines plantes et certains

animaux dans leur métabolisme. Leur densité est supérieur à 6.1 g/cm³. Ils présentent un risque très important de pollution des sols (J-. Vedy, 2002).

5.2. Les Métaux lourds dans les déchets

Les métaux lourds se trouvent dans les différentes catégories de déchets : déchets industriels évidemment, mais aussi dans les déchets ménagers. Les déchets de métaux ne sont pas les seuls concernés puisqu'on retrouve les éléments en trace dans pratiquement tous les compartiments de déchets ménagers.

5.3. Les métaux lourds dans le sol

Même si les concentrations de métaux lourds dans les sols paraissent beaucoup moins importantes que celle relevées dans les sédiments, la contamination des sols constitue un enjeu fondamentale non seulement parce qu'il affecte notre environnement proche, mais aussi et surtout parce que l'enjeu de la pollution des sols n'est ni plus ni moins que l'alimentation en eau potable. (Miquel,2001)

5.4. L'origine des métaux lourds dans le sol

5.4.1. L'origine anthropogène

Selon Baize, 1997, il arrive que dans certain sol, les teneurs en éléments traces seraient exceptionnellement élevées, résultant des différentes activités humaines :

- Activité agricole d'épandage et d'amendement agricole (engrais phosphatés, déchets d'élevage, compost...).
- Activité industrielle, fonderies incinération d'ordures, industries de transformations des métaux.

- Activité urbaine, processus de combustion, trafic routier.

5.4.2. Origine géogène

Dans les conditions naturelles, les métaux lourds existent déjà à l'état de traces dans le sol qui proviennent directement de l'altération et de l'érosion des roches mères et des matériaux géologiques (Abdul Rida, 1992).

Les éléments traces métalliques présents dans les roches se concentrent au cours de la **pédogenèse** dans certain horizon et constituent des roches, appelés fonds **pédo-géochimique**, qui préexistent dans le profil avant toute intervention humaine.

Les teneurs en plomb des fonds pédo-géochimique peuvent être extrêmement variables d'un sol à l'autre. Il est indispensable de bien différencier la part des éléments traces métalliques qui est naturelle (géogène), constituant le fond pédo-géochimique local de celle qui résulte de contamination d'origine humaine (anthropogène).

Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes (Steulet, 2003).

5.5. Fond pédo-géochimique

C'est par définition la teneur «naturelle» en micro-éléments présents dans les sols sans intervention humaine. Elle dépend d'abord de la teneur présente dans la roche qui est à l'origine du sol, mais également des processus qui sont intervenus lors de la formation du sol, qui ont pu lessiver ou plus généralement concentrer l'élément.

On peut constater que d'une manière générale parmi les roches sédimentaires, les roches argileuses ou les schistes sont les plus riches en micro-éléments ; pour les roches magmatiques, la richesse augmente lorsqu'on passe des roches acides aux roches basiques et ultrabasiq (Tab. I) (Robert, 1996).

Tab. I : contenu des roches en éléments traces (ppm) (Kabada-Pendias et Pendias, 1992 in Robert, 1996)

Eléments	Roches magmatiques			Roches sédimentaires		
	Roches basiques	Roches intermédiaires	Roches acides	Roches sédimentaires argileuses et sableuses	grés	carbonates
					0.05	
	0.13 -				20 -	
	0.22		0.09 -		40	0.035
Cd	170 -	0 - 13	0.2	0.22 - 0.30	5 -	5 - 16
Cr	200	15 - 50	4 - 25	60 - 100	30	2 - 10
Cu	60 - 120	15 - 80	10 - 30	40	100 -	200 -
Mn	1200 -	500 - 1200	350 -	500 - 850	500	1000
Ni	2000	5 - 55	600	50 - 70	5 -	7 - 20
Pb	130 -	12 - 15	5 - 15	18 - 25	20	3 - 10
Zn	160	40 - 100	15 - 24	80 - 120	5 -	10 - 25
	3 - 8		40 - 60		10	
	80 - 120				15 -	
					30	

5.6. Comportement des métaux lourds dans les sols

Selon Cottenie et al, 1979 et Kiekens et al, 1983, une quantité des éléments traces est retenue dans la phase solide, alors que le reste subit plusieurs processus de transformation et d'immobilisation dans la solution du sol.

Ces éléments peuvent être :

- des ions libres.
- Des complexes organo-minéraux et insolubles.
- Des formes absorbées aux colloïdes du sol.

Selon les mêmes auteurs, cette distribution est gouvernée par les constantes d'équilibre des réactions suivantes :

- Précipitation et dissolution.
- Complexe et décomplexation.
- Adsorption et désorption.

Le changement des conditions physico-chimiques du sol provoque le passage d'une forme à une autre et donc un déplacement d'équilibre. Cependant du point de vue analytique, il est très difficile de déterminer les différentes formes de ces éléments dans le sol.

5.7. Facture du milieu affectant la mobilité des métaux lourds dans le sol

5.7.1. La texture du sol

La partie fine du sol (fraction argileuse) joue un rôle important dans les processus d'absorption des éléments traces. L'importance de la fraction fine et due aux propriétés colloïdales qu'elle possède qui permettent de fixer une quantité appréciable d'éléments traces.

5.7.2. La matière organique

Il existe une bonne relation entre la teneur en matière organique d'une part et les mouvements des éléments traces dans le sol d'autre part, ceci à cause des sites négatifs de la matière organique qui piègent les cations du sol et défavorisent donc la mobilité des éléments traces dans le sol (Abdul Reda, 1992).

5.7.3. Le PH

En général la disponibilité des éléments traces augmente avec l'augmentation de l'acidité du sol. À cet égard, en sols basiques, l'acidité de l'engrais ou la petite

quantité d'engrais sulfatée fournissent souvent aux plantes des teneurs suffisantes en éléments traces (Abdul Reda, 1992).

La solubilité des composés «minéraux -éléments traces» ou «composés organiques -éléments traces» ainsi que la solubilité des différentes formes des éléments traces dépendent du pH du sol. D'après Aubert et Pinta (1971); cité par Abdul Reda, 1992 ; le Cu, Ni, Co et le Mn sont solubles en milieu acide (pH 26), tandis que le Mo est soluble en milieu basique.

5.7.4. La capacité d'échange cationique (C.E.C)

Selon Abdul Reda, la capacité d'échange cationique représente un élément important dans la compréhension de l'absorption de l'ion Cd dans 10 sols à 25 ° C est fonction du pourcentage de la matière organique et de la capacité d'échange cationique.

5.7.5. Le temps

Tylor, 1978 ; cité par Abdul Reda, 1992 : a trouvé que le temps nécessaire pour une perte de 10 % de la quantité totale des éléments dans un humus de type pollué varie entre 2 ans pour le vanadium et 200 ans pour le plomb, et que le lessivage des éléments traces suit l'ordre suivant :



Mais cet ordre peut varier selon la diversité des propriétés physiques et chimiques des sols.

5.7.6. La distance de la source de contamination

Selon Abdul Reda 1992, les concentrations des éléments traces diminuent avec la distance de la source ; la contamination par le Pb (essentiellement atmosphérique) devient négligeable au-delà de 1500 mètres.

5.8. La toxicité des éléments traces

Quand les teneurs en éléments traces dépassent certains seuils, ces éléments ont des effets néfastes sur l'organisme vivant. Chez l'homme, les éléments traces sont rendus responsables de différents troubles, lésions, fièvres ; voir des accidents

mortels comme l'intoxication par le Pb et ses sels. Le Cd, le Hg et le Pb sont considérés comme les contaminants les plus dangereux (Abdul Reda, 1992).

5.9. Relations métaux lourds sol

Différentes définitions ont été émises pour définir le sol. Dans le cadre de ce travail, nous avons choisis la définition donnée par Habert 1990 in MEYER 1991. Elle illustre mieux les relations qui peuvent exister entre le sol et les métaux lourds.

« Le sol c'est un milieu de conservation qui permette de réduire la mobilité des substances (métaux lourds) par un phénomène d'absorption des particules du sol aux racines des plantes, mais le sol est également réactif; c'est-à-dire qu'il transforme chimiquement les substances (métaux lourds) et c'est à l'aide d'organismes vivants. Ceci se traduit au niveau du cycle de la nature par la décomposition continue de la biomasse morte et dont les éléments s'accumulent avec les éléments humiques et minéraux argileux. De ce fait, les sols ne sont pas uniquement un lieu de déposition des substances (métaux lourds), ils sont également des sources des substances (métaux lourds) disponibles pour la constitution.

6. Métal lourd étudié : (Le plomb)

6.1. Généralité

Le plomb existe dans la nature sous forme :

* inorganique : - le galène (plomb de sulfure PbS).

- les principaux oxydes (le bioxyde de plomb PbO).

* organique : le plomb tétraméthyle ($Pb(CH_3)_4$) et le plomb tétraéthyle ($Pb(C_2H_5)_4$). (Ould Mohamed Mahmoud, 1999).

Le plomb peut facilement être extrait des minerais, il est l'un des principaux polluants métalliques dans l'atmosphère (Bliefert et Perraud, 2001).

- Sa concentration dans la croûte terrestre est d'environ 15 ppm

- Sa concentration dans le sol dépend de la roche mère (~20 et 50 ppm), cependant il se situe à des teneurs plus élevées (100 et 200 ppm) dans la plupart des sols urbains industriels et /ou à proximité des zones de trafic routier ou de décharge (Bourrelis et Berthe Lin, 1998).

- Sa concentration est de 1 à 60 $\mu\text{g/l}$ dans les eaux de la nappe phréatique et aux environs de $1 \mu\text{g/m}^3$ dans l'air (Frank, 1992).

- Il est d'un usage fréquent dans la peinture et les soudures, les insecticides, les conduites d'eaux, les accumulateurs, les antidétonants pour les essences... (Damien, 2004).

- Il est pratiquement insensible à la fatigue thermique, il a une faible conductivité électrique, de plus sa masse élevée lui confère un important pouvoir d'absorption des rayonnements électro-magnétiques (Cezard et Haguenoer, 1992).

6.2. Les caractéristiques physico-chimiques du plomb

Le plomb pur est un métal de couleur gris bleuâtre, toxique, il est très mou, lourd et brillant, il est facilement attaqué par le chlore et donne le chlorure de plomb PbCl_2 .

Il est rencontré dans la nature sous divers isotopes : Pb_{208} , Pb_{207} , Pb_{206} (Lheraud, 1974).

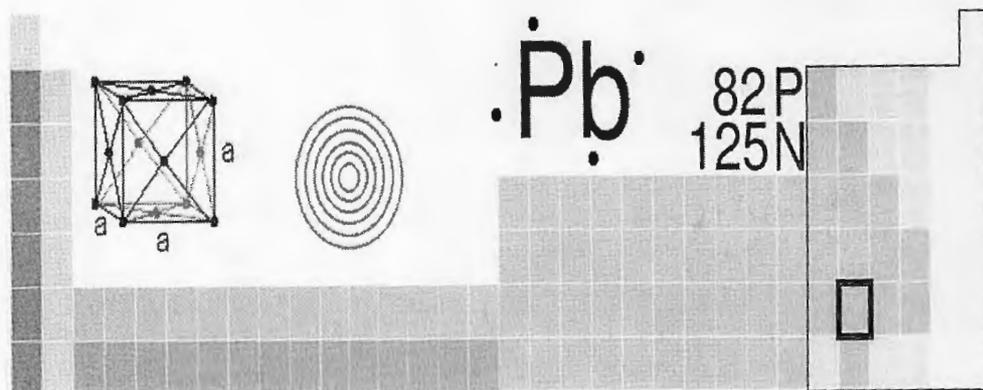


Fig. 05 : Schéma représentatif du plomb (Internet).

*Les autres caractéristiques sont :

-Symbole : Pb

-Numéro atomique : $Z = 82$

-Densité atomique : 207,21

- Concentration dans la croûte terrestre ; 0,002 %
- Point de fusion : 327,4 °C
- Le coefficient de conductivité thermique : 27
- Chaleur spécifique : 0,030 calorie/g/°C
- Densité à 20 ° C
- Densité à 327,4 °C (solide) : 11.005
- Densité à 327 .4 (liquide) : 10.686
- Volume atomique: 18.27 (Ould Mohamed Mahmoud, 1999)

6.3. Le plomb dans le sol

Le plomb dans le sol provient essentiellement en système non anthropisé de la roche mère; à l'heure actuelle la concentration en plomb des couches pédologiques mondiales est estimée en moyenne à 25 ppm (Kabata – Pendias and Pandias, 1992).

Les sulfures de plomb s'oxydent lentement au cours des processus d'altération des roches mères, le plomb forme des carbonates et /ou s'incorpore au sein du réseau cristallin des argiles minéralogiques ; il peut également s'associer aux hydroxydes de Fer et d'Aluminium, aux oxydes de manganèse et à la matière organique.

*Aux teneurs naturelles les sols peuvent s'ajouter des apports anthropogènes (Kadem D.E.D, 2005) :

*Une utilisation des composés organométalliques (antidétonant des moteurs à explosion)

*Les sources industrielles (usines de batterie)

*Les déblais de mines.

*Les sources urbaines (boues des stations d'épuration)

*Traitement pesticide à base de Pb

6.4. Comportement du Pb dans le sol ; Spéciation et mobilité

Le plomb est généralement présent sous forme de Pb^{+2} , bien que l'état d'oxydation Pb^{+4} , puisse aussi exister (Kabata-Pendias et Pendias, 1984).

Il pénètre dans le sol sous forme de sulfate (où y rapidement converti en sulfate 40 à 50 % du plomb total) (Morlot, 1996).

Le plomb introduit dans le sol ne subit que peu de transformation et migre relativement peu à travers les différents horizons, donc il reste généralement fixé à la partie supérieure du sol, il en résulte un gradient de concentration selon la profondeur (Impens, 1980).

Il serait le micropolluant métallique le moins mobile dans le sol, dans la gamme de pH de 5 à 9 et à concentration totale identique le plomb serait cent fois moins mobile que le cadmium.

La grande affinité de la matière organique vis-à-vis de ce métal expliquerait l'accumulation préférentielle de ce métal dans les horizons de surface (Juste et al, 1995).

6.5. Le plomb dans les déchets

Dans les ordures ménagères, le plomb représente 24 % des métaux lourds présents ; il provient à 41% des métaux ferreux (où il se trouve généralement sous forme PbSn), à 20% de fines inférieures à 20 mm (sous forme d'oxyde ou de métal), à 19% des papiers cartons (sous forme PbO ou PbCrO₄) et à 8% des plastiques (Bouchereau, 1992 ; Rousseaux, 1998 ; Schell, 1992).

Les teneurs moyennes en plomb des ordures ménagères oscillent classiquement entre 100 et 700 ppm.

Il est clair que le tri peut influencer notablement sur la composition élémentaire des ordures ménagères : tri des verres, papiers-cartons, piles et métaux divers permettent de réduire de manière significative leurs teneurs en plomb.

On a ainsi montré que ces teneurs pouvaient chuter de 900 mg/Kg pour les ordures ménagères non triées à 135 mg/Kg lorsque papiers, verre, piles, déchets toxiques et compostables sont retirés du flux d'ordures ménagères (Morlot, 1996).

6.6. L'effet toxique du plomb

6.6.1. Effets toxiques du plomb sur le sol

Le plomb est surtout abondant dans les horizons de surface (0 à 20 cm de profondeur), en raison de son affinité avec la matière organique. Le plomb inhibe la respiration du sol et démine la fertilité de ce dernier (Miquel, 2001).

6.6.2. Effets toxiques du plomb sur les végétaux

Le plomb atteint les plantes à partir de l'air, l'eau et de la terre (Hanks, 1989). Il arrive aux tissus des plantes par le système racinaire et aérien (Lagerweff, 1971).

Dans les plantes, le plomb empêche la synthèse de la chlorophylle (Bliefert et Perraud, 2001).

6.6.3. Effets toxiques du plomb sur l'homme

L'intoxication au plomb par l'intermédiaire de l'alimentation n'est pas un grand risque pour l'homme ; il n'est que très peu soluble dans le sol et les poussières contenant plomb se déposent sur les fruits et légumes poussant près des sources atmosphériques fortement polluées (exemple ; autoroutes) sont retirées à 90% par lavage (Zemmerli, 1989).

Le symptôme le plus marquant est le saturnisme (désigne l'ensemble des manifestations de l'intoxication par le plomb).

- Les troubles digestifs : coliques de plomb sont les effets toxiques les plus connus du métal.

- Sanguins : le plomb bloque plusieurs enzymes nécessaires à la synthèse de l'hémoglobine (risque d'anémie).

- Nerveux : paralysie des extenseurs de la main, encéphalopathie.

- Les troubles rénaux : néphrites (Steulet, 2003).

CHAPITRE II

Présentation de la zone d'étude

1. L'état naturel du site

1.1. Situation géographique

Le site retenu pour recevoir la décharge de Jijel se situe à la limite communale séparant Kaous et Jijel au niveau du lieu dit Zkelba.

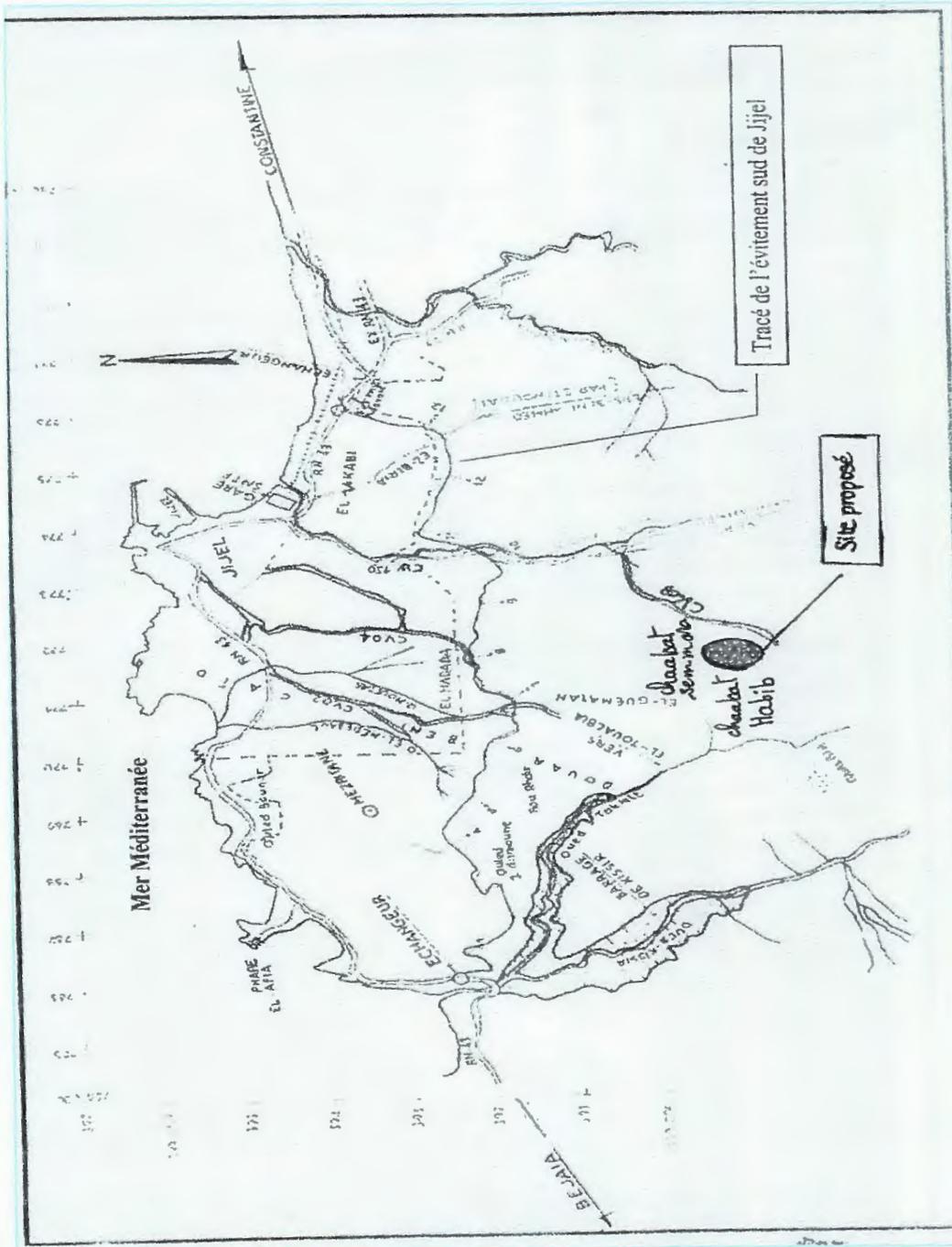


Fig. 6: Carte de localisation de la Zone d'étude (décharge contrôlée de Beni Ahmed) (Inspection de l'environnement , willaya de jijel)

La superficie du site est d'environ 12ha. Il est limité :

- à l'Est et au Sud par le C V 3 menant vers Djebra.
- au Nord par le chevelu de Chaabat Semmara, affluent de l'Oued El-kantara.
- et à l'Ouest par Chaabat Habib.

1.2. Aperçu climatique

Les paramètres climatiques considérés pour le projet de décharge sont :

- Les précipitations :

Tab. II. Relevé pluviométrique au niveau de Jijel pendant la période de prélèvement

Mois	MAI	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
P (mm)	05	00	01	18	56	21	135	172	178	166	55	24

(Source : O. N. M station de Jijel, période 2005-2006)

Peuvent entraîner la pollution des cours d'eau ou des eaux souterraines de la nappe si elles existent par infiltration des eaux de lixiviat.

*La température :

Intervient dans la fermentation des déchets.

Tab. III. Relevé thermique au niveau de Jijel pendant la période de prélèvement

Mois	MAI	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
T (°C)	19.8	24.0	26.1	25.5	23.7	21.0	15.7	11.9	10.9	11.9	14.2	17.8

(Source : O. N. M station de Jijel, période 2005-2006)

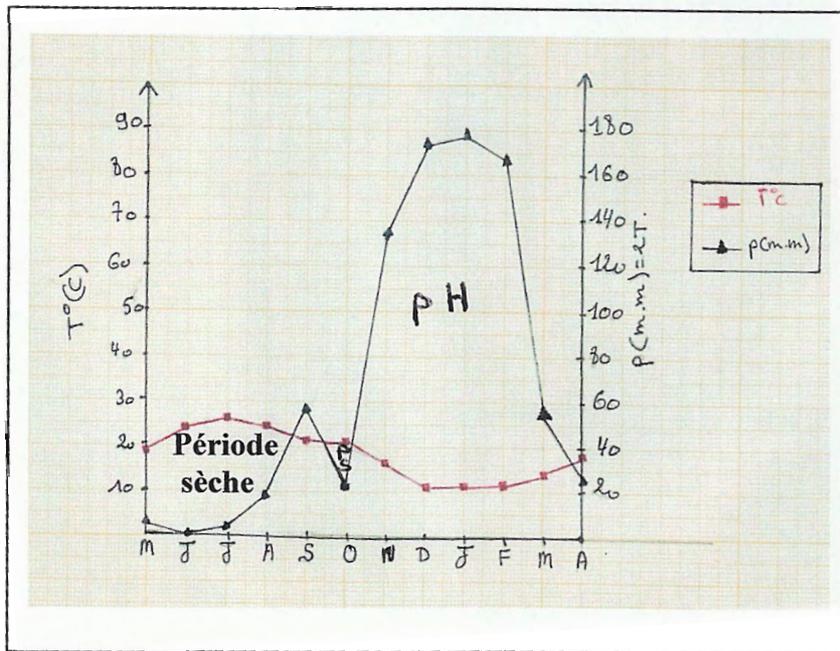


Fig. .7 : Diagramme ombrothermique de Gausson de la région de Jijil (Mai 2005-Avril 2006)

*Les vents :

Tableau IV. Moyennes mensuelles (2005-2006) de la vitesse du vent au sol (m/s), station de Jijel.

Mois	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
Vitesse (m/s)	2.2	2.1	2.6	2.4	2.2	1.6	2.2	2.3	2.7	2.7	2.9	2.2

(Source : O. N. M station de Jijel, période 2005-2006)

Intervient dans la dispersion des fumées, des odeurs et des déchets légers.

La région de Jijel se caractérise par un climat méditerranéen (humide) dont l'hiver est doux et pluvieux et l'été chaud et sec. Le total annuel des pluies dépasse 1200mm et la température moyenne mensuelle avoisine les 12,6°C en hiver et 26°C en été.

-les vents : deux directions dominantes sont observées :

* direction Nord-Ouest : soufflant du mois d'Octobre au mois d'Avril

* direction nord-Est : soufflant du mois de Mai au mois de Septembre

La force des vents varie de 2,5 à 4,2 m/s.

Les données des tableaux II, III et IV permettent de se faire une idée de l'importance et de la variation des pluies, des températures et des vents dans l'année et leur influence sur les apports et le comportement des polluants en provenance.

1.4. Aperçu hydrologiques

Le site proposé est traversé par des Chaabats de Oued Ksara et un chevelu de Chaabat Semmara. Il s'agit de Chaabats affluent de l'Oued El-kantara. Les écoulements sont de direction Sud-Nord et atteignent la mer qui est l'exutoire final.

1.5. Aperçu géologiques et hydrogéologiques

La géologie de la région est caractérisée par une couverture sédimentaire Mésozoïque et paléogène qui constitue la dorsale Kabyle reposant sur le socle Kabyle métamorphique antécambrien à Paléozoïque,

La région du site proposé repose sur des formations du Miocène du burdigalien, cette formation renferme des silstones argilites, argiles calcaireuses, marnes, calcaires, conglomérats à petits galets, grès grossiers et des calcaires détritiques .

L'hydrogéologie ; Montre un sol très peu perméable à imperméable. Le caractère très peu perméable est lié à la présence de petits galets favorisant l'écoulement des eaux de surface. (Anonyme ,2002).

1.6. Faune et flore

Les espèces animales observées par le service des forêts de Jijel sont : le sanglier , le lièvre , le lapin , la perdrix , les reptiles , la langouste , le chacal , le renard et les oiseaux carnivores protégés.

Pour les espèces végétales, nous en trouvons une broussaille composée de lentisque et du calycotome, nous trouvons aussi quelques arbres d'olivier sauvage et du palmier nain.

2. Description sommaire du projet

2.1. Les aménagements préliminaires

-la réalisation d'un grillage d'une hauteur minimale de 2m permettra de retenir des déchets légers.

-l'installation d'un portail de 7m de largeur et un poste de gardiennage dont l'objectif est d'interdire l'accès aux personnes étrangères.

-la limitation des heures d'ouvertures de la décharge pour une bonne gestion.

-l'installation d'un pont bascule de (18m x 3,5m) au niveau de l'entrée de la décharge.

-Equipements spécifiques

.Matériel mécanique

- Un Bulldozer pour étaler et compacter les déchets

- Un Chargeur Bouteur utilisé pour le réglage dans l'enfouissement des ordures.

-Un Compacteur-Epandeur pour le terrassement.

.Matériel divers

- Une citerne à eau, une citerne à fuel, des Outillages et un écran mobile afin d'éviter l'envol des déchets légers lors du vidage des bennes.

2.2. Les aménagements prévus pour l'exploitation de la décharge

La méthode d'exploitation retenue est celle de la décharge contrôlée compactée exploitée en casier.

-Les travaux de terrassement pour le creusement des casiers sont exécutés exclusivement à la main ou à l'aide d'engins.

- La terre végétale devra être stocké séparément pour être réutilisée comme support aux plants ; lors des opérations de fermeture de la décharge.

- La réalisation d'une étanchéification naturelle (argile ou marne) et la pose d'un filme géomembrane afin d'éviter toute éventuelle infiltration en profondeur.

- Le remplissage des casiers par une succession de couche de 1.5m de déchets compactés recouvert par une couche de 10 cm de terre.

- La réalisation d'un système de drainage, de lexiviats et leur évacuation dans un bassin pour être pompés et réinfectés sur la surface des déchets en vu d'accélérer la fermentation des déchets et d'en réduire le volume, par évaporation et évapotranspiration.

- réalisation d'un fossé ceinturant l'ensemble des casiers pour la collecte et l'évacuation des eaux de pluie vers un bassin de collecte des eaux pluviales (bassin d'irrigation).
- Installation d'un système de collecte du biogaz pour éviter le risque d'explosion et les odeurs nauséabondes.
- Enfin d'exploitation de l'ensemble des casiers de la décharge, une phase post exploitation est prévue pour une période de 30 ans après la fermeture de décharge, le site sera remis en végétation par la plantation d'espèces qui pourront s'adapter au milieu.

CHAPITRE III

Matériels et méthodes

1. Protocoles expérimentaux

La partie expérimentale de notre étude englobe deux volets distincts :

- un volet terrain
- un volet laboratoire

1.1. Le terrain

Le travail du terrain est basé sur la prise d'échantillons du sol.

1.1.1. Échantillonnage (choix de stations)

Nous avons choisi deux stations (deux bassins) au niveau de la décharge de Beni-Ahmed et ce choix a été fait de la manière suivante :

* En fonction de l'orientation (Nord, Nord Ouest) à partir de laquelle on a tracé l'axe des prélèvements choisis aléatoirement.

1.1.2. Prélèvement au niveau des deux stations

Les prélèvements se font à 20 cm de profondeur, couche à laquelle se réfèrent les valeurs indicatives de la plus parts des pays (Baize, 1997. OFEFP, 1989).

Nous avons prélevé 16 échantillons (8 échantillons pour chaque station) à la périphérie des deux stations (deux bassins) ; à une profondeur de 0 à 20 cm, coté gauche vers le Nord (on a prélevé le sol naturel qui est en contact direct avec les deux bassins, parce que au niveau de ces derniers la géomembrane a été placée).

Nous avons obtenu pour les deux stations :

- Station : 1 à 2 = 2 (stations) x 8 (prélèvements) x 1 (date) = 16 échantillons simples.
- 16 (échantillons simples) : 8 (prélèvement) = 2 échantillons composées.
- 2 (échantillons composées) x 1 (date) = 2 échantillons.
- Le prélèvements ont été réalisés le : 22 février 2006.

1.1.3. Technique des prélèvements

Les métaux lourds se rencontrent dans le sol sous forme de traces et présentent de fortes variations de concentration (OFEFP, 1989), Il est donc important que les échantillons soient toujours prélevés avec le même instrument.

Il faut éviter les instruments en acier oxydable, nickelés, laqués. Pour cette raison, nous avons utilisé une tarière en fer.

Les prélèvements sont mis directement dans des sacs en plastique. Le conditionnement en plastique est obligatoire pour les métaux et pour les produits minéraux parce qu'il n'est pas sensible aux contaminations externes (poussières, humidité...).

La quantité prélevée est de l'ordre de ½ kg, puisque l'éventail d'analyse est important et la mise en réserve du stockage.

L'identification des échantillons est nécessaire pour éviter les risques de confusion.

1.2. Le laboratoire

Au laboratoire, il y a deux opérations : - le séchage (à l'air libre).

- le broyage puis tamissage à 2 mm.

Le séchage : une opération nécessaire pour limiter l'évolution biologique, assurer la conservation des échantillons à moyen et long terme. Il permet une meilleure séparation des agrégats et une meilleure homogénéité à la dessiccation effectuée à l'air, à température ambiante, à l'abri de la lumière solaire directe.

Le broyage : les échantillons peuvent être démontés manuellement et tamisés à sec à une certaine granulométrie (tamis à mailles de 2 mm).

1.2.1. Analyse de sol

Pour une meilleure interprétation de la teneur en substances nocives et du comportement de ces dernières, il est nécessaire de compléter le dosage d'un métal lourd (plomb), par les analyses physiques et chimiques préconisées par (Baize, 1997 et l'OFEFP, 1998), y compris : pH / H₂O, granulométrie, matière organique, densité apparente.

Seul les oxydes de fer et phosphate n'ont pu être dosés, recommandés par Baize ; D (1997 a) et les directives de l'OFEFP (1989). Une autre analyse (capacité d'échange cationique) a été réalisée pour mieux interpréter nos résultats.

1.2.1.1. Analyse granulométrique

Elle a été effectuée au laboratoire des travaux publics de Jijel, la détermination des fractions fines $< 2 \cdot \mu\text{m}$ est déterminée par soustraction sur un poids de sol connu et dont la fraction sableuse a été obtenue par tamassage.

1.2.1.2. Mesure du pH

La mesure du pH se fait à l'aide d'un pH-mètre, sur une suspension de sol et d'eau distillée dans un rapport de 1/2.5 après agitation pendant 2 minutes et repos demie heure.

1.2.1.3. Calcaire total

Le calcaire total est dosé par calcimétrie, à l'aide du calcimètre de Bernard dont le principe est basé sur le dégagement de CO_2 provenant de la réaction CaCO_3 avec Hcl.

1.2.1.4. Matière organique

La matière organique est déterminée par calcination.

1.2.1.5. Capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange cationique est la quantité maximale des cations qu'un sol peut absorber (pour 100g de la matière sèche).

La mesure de la CEC est basée sur la titration par l'acide sulfurique H_2SO_4 de la solution du sol, après l'addition des réactifs (couleur violette). Elle est caractérisée par un point de virage au niveau d'un volume déterminé de H_2SO_4 titré (cil fait apparaître une couleur verte).

1.2.1.6. Détermination de la conductivité électrique (C E)

La conductivité électrique, mesure la teneur en sels solubles totaux d'une solution. Elle est mesurée dans l'extrait 1/5 à l'aide d'un conductimètre.

1.2.1.7. Détermination de la densité apparente

La densité apparente est déterminée par la méthode de la motte enrobée de paraffine, pesée sous eau en déterminant la force ascendante.

1.2.1.8. Dosage du plomb

1.2.1.8.1. Extraction

Une étape obligatoire qui précède le dosage du métal. Elle consiste à récupérer les métaux condensés de la solution du sol par une attaque à l'eau régale (HCl, HNO₃) avec les proportions de (3/1).

1.2.1.8.2. Dosage du plomb

Étape finale et indispensable pour atteindre notre objectif. Le métal à étudier est dosé à l'aide du spectrophotométrie installé au niveau du laboratoire de recherche (université de Jijel).

Les gamme d'étalons utilisées pour le dosage du plomb sont de 1, 2 et 5 ppm à la longueur d'onde $\lambda = 283.3$ nm.

1.2.1.8.3. Justification du choix de l'extraction les teneurs totales

Le raisonnement sur les teneurs totales présente un certain nombre d'avantages et d'inconvénients (Baize, 1997), la détermination des teneurs totales en tel éléments trace est une mesure d'un stock à un moment donné, mais elle ne permet pas de distinguer les formes chimiques en présence.

Rappelons que la plupart des normes, sont actuellement exprimées sous formes de teneurs totales.

L'inconvénient c'est que les teneurs totales ne donnent malheureusement aucun renseignement sur la mobilité vis-à-vis des organismes vivants (Cooks et Heudershat, 1996).

1.2.1.8.4. Justification du choix de la méthode d'extraction à l'eau régale

Pour mesurer des teneurs véritablement totales, il faut que le processus analytique soit capable d'extraire toutes les formes de l'élément chimique que l'on veut doser, particulièrement celles intégrées dans les réseaux cristallins des minéraux primaires et secondaires silicatés.

Plusieurs extractifs sont considérés comme donnant des teneurs «totales». Ce sont l'acide Fluorhydrique (HF), l'acide Nitrique (HNO₃), l'acide chlorhydrique (HCL), ou une combinaison de plusieurs acides (eau régale, réactifs triacides).

Mais il semble bien que seul l'acide Fluorhydrique soit capable d'extraire de l'échantillon de sol la totalité d'un élément.

Mais dans la littérature internationale ; on rencontre différentes méthodes d'extraction.

Certains laboratoires utilisent l'association d'HF et l'acide perchlorique (HF, HClO₃) pour dissoudre totalement la phase minérale. D'autres préfèrent les méthodes à l'acide nitrique (HNO₃2M) à chaud, ou à l'eau régale.

La méthode pour laquelle nous avons opté (l'eau régale) nous a paru moins contraignante à mettre en œuvre d'une part et d'autres parts des comparaisons avec d'autres méthodes (HF) ont donné de faibles différences de résultats.

CHAPITRE IV

RESULTATS

1. Texture du sol

Le tableau N°V donne les éléments statistiques de l'analyse granulométrique des deux stations étudiées.

Tableau.V : Pourcentage des fractions granulométriques.

Fractions Stations	Argiles	Limons	Sable fin	Sable grossier
01	-	-	15	85
02	03	01	14	82

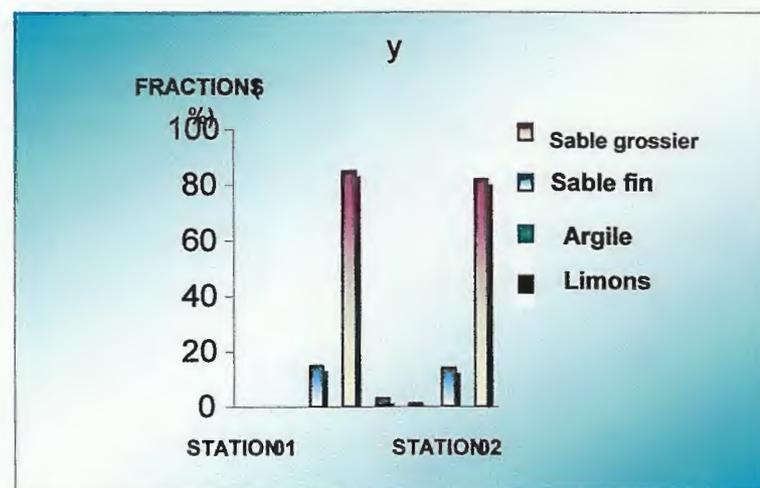


Fig. 08: Schéma représentatif de pourcentage des fractions granulométrique.

D'après le tableau et la figure 08 en ce qui concernant la fraction la plus fine, le taux d'argile est de 03% pour la première station et nul pour la deuxième station.

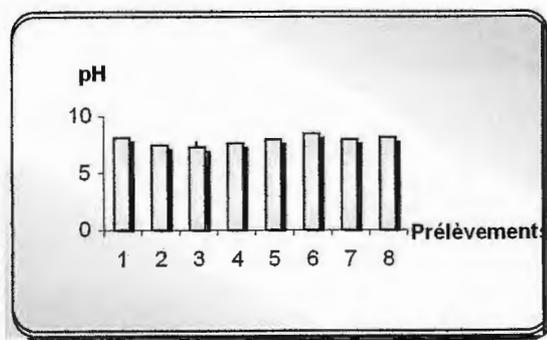
Pour les limons, la valeur est de 1% pour la deuxième station et nul pour la première station. Les taux de sable fin et grossier respectivement de 14% et 82% au niveau de la deuxième station et 15% et 85% pour la première station.

2. Le pH du sol

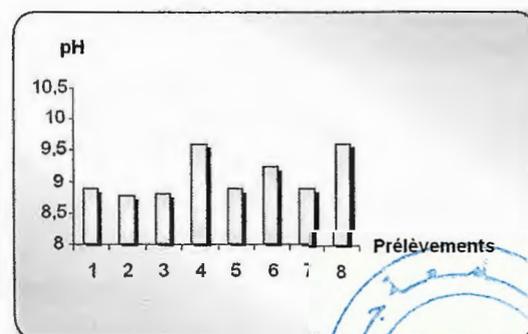
Les échantillons prélevés des deux stations présentent des valeurs de pH plus ou moins homogènes. Le pH du sol est toujours alcalin et se situe entre 7,25 et 9,60 (tableau N° VI).

Tableau .VI : Les valeurs de pH des sols des deux stations étudiés.

Station	Station 01								Station 02							
Echantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	8.05	7.47	7.25	7.56	7.88	8.40	7.94	8.00	8.88	8.70	8.81	9.60	8.88	8.88	8.78	8.88



STATION 01



STATION 02

La première station présente une valeur maximale de 8,40 enregistrée pour l'échantillon 06 et une valeur minimale de 7,25 pour l'échantillon 03.

Dans la deuxième station, la valeur maximale du pH est de 9,60 est observée au niveau de l'échantillon 04 et la valeur minimale de 8,70 au niveau de l'échantillon 02.

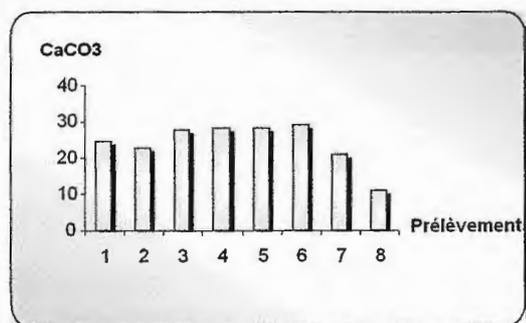
On peut conclure de ces résultats que d'une manière générale, le pH de la première station est plus basique avec une moyenne de 8,92 que celui de la deuxième station avec une moyenne de 7,81.

3. Calcaire total

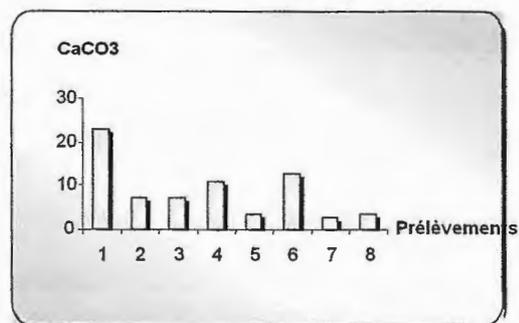
Le taux du calcaire total des deux stations présentes des valeurs hétérogènes d'un prélèvement à l'autre et même d'une station à l'autre (fig.10) .

Tableau .VII : les valeurs du calcaire total des sols étudiés.

Station	Station 01								Station 02							
Echantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
CaCO ₃	24.54	22.73	27.73	28.18	28.18	29.09	20.90	10.90	22.73	7.27	7.27	10.90	3.5	12.75	2.73	3.64



STATION 01



STATION 02

Fig. 10 : Les teneurs de calcaire total sous forme d'histogramme.

Le calcaire totale présente un maximum de 29,90% et un minimum de 10,90% (pour les échantillons 06 et 08) respectivement dans la première station. Pour la deuxième station un maximum de 22,73% et un minimum de 02,73% (pour les échantillons 01 et 07) respectivement.

4. La matière organique

Tableau. VIII : Les valeurs de la matière organique des sols obtenues dans deux stations étudiées.

Station	Station 01								Station 02							
Echantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
M.O %	3.3	4.15	4.45	5	7.6	6.8	5.9	4.45	6.85	4.85	6.85	7.25	7.15	7.25	4.85	6.85

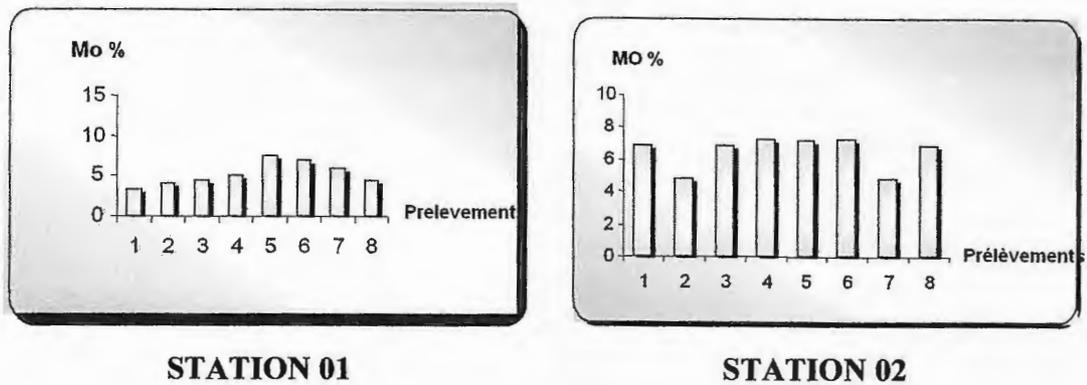


Fig. 11 : Les teneurs de la matière organique sous formes d'histogramme.

D'après le tableau VIII, le taux de matière organique présente dans la première station un maximum de 7,6 (échantillon 05) et un minimum de 3,3 (échantillon 01). Dans la deuxième station, un maximum de 7,25 (échantillons 04 et 06) et un minimum de 4,85(échantillon 02 et 07).

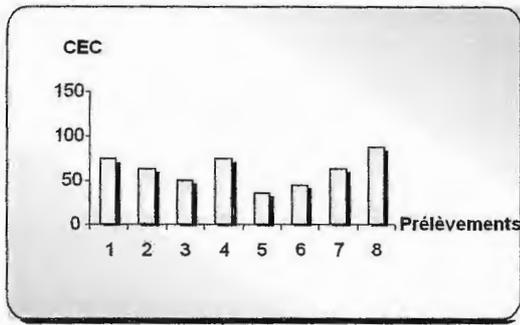
On constate que les teneurs en matière organique dans la première station sont plus ou moins hétérogènes avec une moyenne de 5,20, par contre dans la deuxième station elles sont plus ou moins homogènes avec une moyenne de 5,63 (fig. 11).

5. La capacité d'échange cationique (C E C)

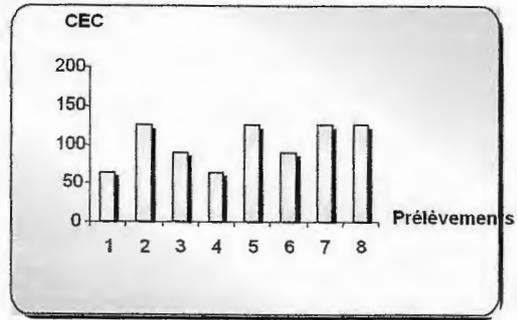
Tableau. IX : Les valeurs de la capacité d'échange cationique des 02 stations étudiées.

Station	Station 01								Station 02								
	Echantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
C E C (meq/100g)		75	62,5	50	75	37,5	45	62,5	87,5	62,5	125	87,5	62,5	125	87,5	125	125

La capacité d'échange cationique varie entre deux valeurs, maximale : 87,5 meq/100g de sol, dans l'échantillon 08 et minimale : 37,5 meq/100g de sol pour l'échantillon 05, enregistrées dans la station 1.



STATION 01



STATION 02

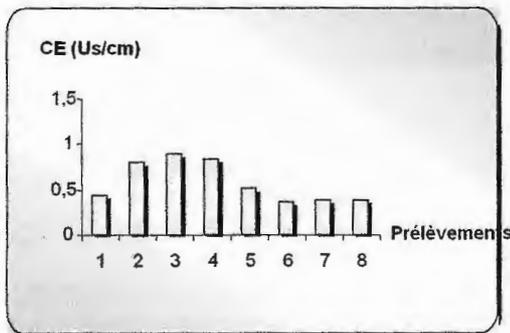
Fig. 12 : Les valeurs de C E C sous forme d’histogramme.

Pour la deuxième station une valeur maximale de 125 meq/100g de sol est enregistrée pour les échantillons 02, 05 ,07 et 08 ; et une valeur minimale de 62,5 meq/100g de sol pour les échantillons 01 et 04.

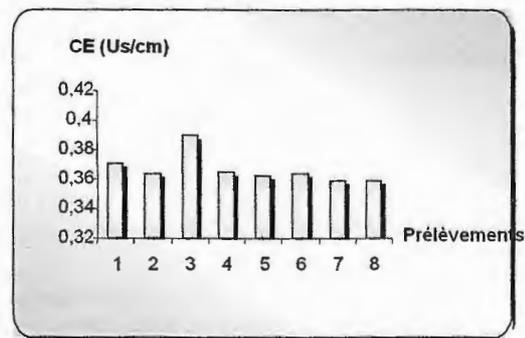
6. La conductivité électrique

Tableau. X : Les valeurs de la conductivité électrique des 2 stations étudiées.

Station	Station 01								Station 02							
Echantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
C E (ms/cm)	0.464	0.788	0.888	0.841	0.516	0.364	0.374	0.377	0.371	0.364	0.389	0.365	0.362	0.364	0.359	0.359



STATION 01



STATION 02

Fig. 13 : Les valeurs de la C. E sous forme d’histogramme.

D'après le tableau X, la conductivité électrique présente une valeur maximale de 888 $\mu\text{S}/\text{cm}^3$ (échantillon 03) et une valeur minimale de 364 $\mu\text{S}/\text{cm}^3$ (échantillon 06) dans la première station. Dans la deuxième station, une valeur maximale de 389 $\mu\text{S}/\text{cm}^3$ est enregistrée pour l'échantillon 03, et une valeur minimale de 359 $\mu\text{S}/\text{cm}^3$ pour les échantillons 7 et 8.

7. La densité apparente

La densité apparente des deux stations présente des valeurs plus ou moins homogènes d'une station à l'autre.

Tableau. XI : Les valeurs de la densité apparente 02 stations étudiées.

Station	Station 01								Station 02							
Echantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Densité apparente	0.88	0.26	0.48	0.93	1.45	0.66	3.45	1.24	1.22	1.37	1.27	1.57	0.86	1.09	0.99	1.10

Dans la première station, la valeur maximale est de 3,45 (échantillon 07) et la valeur minimale est de 0,26 (échantillon 02) avec une moyenne de 1,16. Dans la deuxième station, un maximum 1,57 (échantillon 04) et un minimum de 0,86 (échantillon 05) avec une moyenne de 1,16.

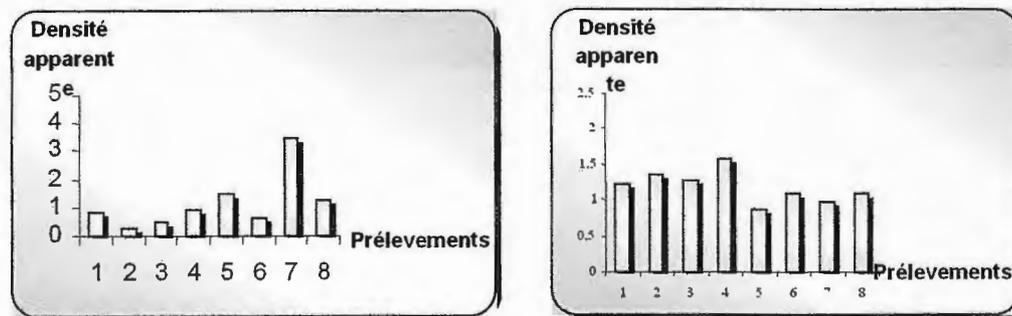


Fig. 14 : Les valeurs de la densité apparente sous formes d'histogramme.

8. Teneur en plomb

Les valeurs de teneur en plomb dans les deux stations étudiées sont plus au moins homogènes.

Pour la première station, les teneurs en plomb varient entre deux valeurs :

- maximale de 119,76 ppm (échantillon 05).
- minimale de 98,28 ppm (échantillon 01).

Dans la deuxième station, elles varient entre 107,91 ppm (échantillon 02) et 137,35 ppm (échantillon 04).

Tableau. XII : Les valeurs des teneurs en plomb des sols obtenues dans deux stations étudiées.

Station	Station 01								Station 02							
Echantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Teneurs en plomb (ppm)	98.28	105.68	104.95	110.96	119.76	114.58	112.35	107.91	112.35	107.91	108.65	137.35	112.35	119.85	107.91	113.84

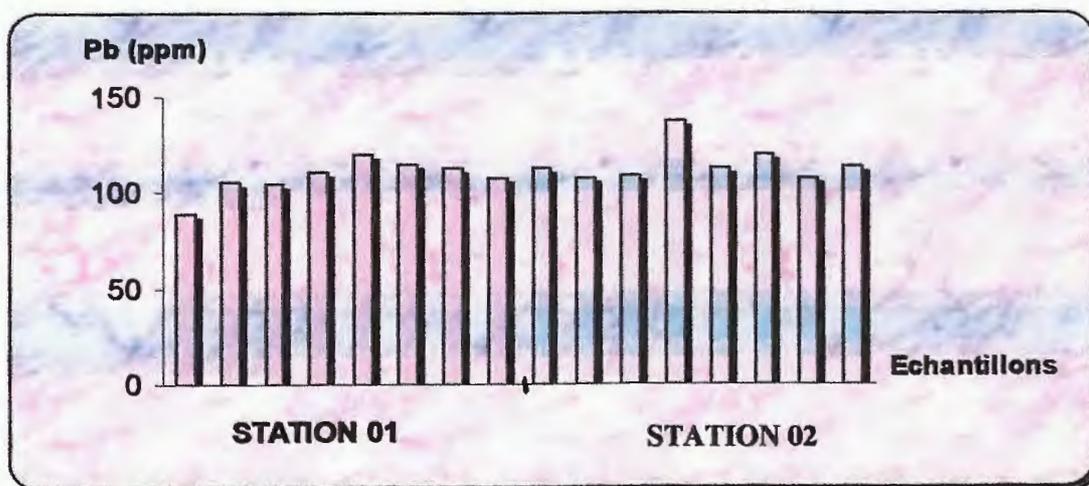


Fig. 15 : Schéma représentatif les valeurs de teneur en plomb des sols obtenues.

Il ressort des résultats des analyses physico-chimiques caractérisant les échantillons du sol prélevé une variabilité au niveau des différents paramètres

CHAPITRE V

discussion et interprétation

mesurés. Ainsi, on observe que : la valeur globale en sels, exprimé par la conductivité électrique, les teneurs en calcaire totales, la matière organique, la capacité d'échange cationique et les teneurs en plomb, changent de la première station à la deuxième station.

Ceci est tout à fait logique si on sait que dans le sol l'hétérogénéité est plutôt la règle que l'exception.

Autre observation qu'on peut émettre à la lumière des résultats obtenus, ce que les variations entre les différents paramètres ne sont pas assez importantes, ceci est également logique dans la mesure où les distances entre les échantillons prélevés sont moins considérables.

1. Teneur en plomb

- En se référant à la norme (AFNOR). (valeur indicative du plomb : 100 ppm) nous constatons que les deux stations se trouvent légèrement polluées par le plomb sauf l'échantillon (01) de la première station.

- Pour bien interpréter nos résultats il faut d'abord prendre en considération que les deux stations représentent un sol vierge (la décharge n'a pas encore commencé à fonctionner).

- Dans un sol des quantités relativement élevées de tel ou tel métal lourd ne sont pas nécessairement la conséquence d'une pollution anthropique, elles peuvent provenir des teneurs élevées dans la roche mère (Gobat. Et al, 2003).

- Le plomb dans presque tous les échantillons analysés présente des concentrations légèrement élevées par rapport aux normes AFNOR (qui varient entre 98.28 ppm et 137.35 ppm). On peut supposer alors que le plomb :

- à une origine géogène ; (fond pédo-géochimique) provenant d'abord d'héritage de la roche mère ; du cycle biogéochimique ; des transferts pédologiques verticaux migrants sous formes solubles ou associés aux particules d'argile et au fer et des transferts pédologiques latéraux (lessivage latéral), enfin des poussières d'origines lointaines (volcaniques) (Baize, 1997b).

- Le plomb peut avoir aussi une origine anthropique, résultant d'influences directes ou indirectes des activités humaines, par exemple le cas de Oued El-kantra, dont les analyses des eaux qui ont été effectuées au niveau de la station El-mkceb, témoignent d'une forte pollution de ces dernières, en effet Oued El-kantra constitue un récepteur au ciel ouvert de l'ensemble des eaux usées (Anonyme, 2004).

Donc on peut « justifier » l'origine des valeurs de teneurs en plomb des eaux de ruissellement provenant de l'oued, mais ceci reste une hypothèse à confirmer.

- Les teneurs en plomb sont en effet corrélées aux différents paramètres (pH, C E, MO, CaCO₃, texture), une illustration par des courbes de corrélation (Fig.16).

2. Texture du sol

L'étude granulométrique réalisée sur le sol des deux stations 1 et 2 de la décharge montre que la répartition des fractions granulométriques est homogène entre les deux stations.

Dans la première station les fractions granulométriques présentes sont le sable fin et grossier, donc le sol a une texture sableuse.

Pour la deuxième station on fait la projection des résultats de l'analyse granulométrique sur le triangle textural américain (Duchaufour, 1997), on trouve la texture du sol sableuse.

Globalement il y a une forte relation entre la granulométrie de l'échantillon étudié et les teneurs totales en plomb. Les matériaux et horizons très sableux ou très limoneux sont naturellement les plus pauvres (Baize, 1997b).

3. Le pH du sol

Le pH est un élément de grande importance car il contrôle la mobilité des métaux lourds dans le sol. Il résulte essentiellement d'un équilibre entre les ions libérés dans la solution du sol et ceux qui sont fixés par les colloïdes.

Selon Verloo (1974), un effet direct se manifeste surtout dans la capacité de transfert d'un élément ou d'un ion entre la phase solide et la phase liquide du sol.

Selon Deneux et al, (2003), Le pH en particulier joue un rôle important dans la mobilité du plomb ; plus le pH est faible plus la désorption vers la solution du sol est forte, et lorsque le pH augmente le plomb se précipite sous forme de $Pb(OH)_2$.

D'après les résultats obtenus le pH dans les deux stations est basique avec des valeurs comprises entre 7.25 et 8.40 et 8.70 et 9.60 respectivement. Donc dans la première station le plomb se précipite ; alors il y a une accumulation du plomb dans le sol, pour la deuxième station le pH est supérieur à 8, d'après (Deneux. et al, 2003) les ions $Pb(OH)_4^{-3}$ et $Pb(OH)_4^{-2}$ sont à nouveau trouvés en solution.

Les teneurs en plomb dans le sol et le PH des deux stations sont corrélées positivement avec un coefficient de corrélation faible dans la première station ($r_1 = 0.26$) et élevés ($r_2 = 0.95$) pour la deuxième station

4. Calcaire total

D'après Baize (1988), les sols sont classés selon leurs teneurs en calcaire total comme suit :

Tableau.XIII : normes d'interprétation du calcaire total selon (Baize, 1988)

Teneur en calcaire totale en %	Type de sol
< 1	Sol non calcaire
1-5	Sol peu calcaire
5-25	Sol modérément calcaire
25-50	Sol fortement calcaire

En comparant les teneurs en calcaire total des échantillons 5, 7 et 8 de la deuxième station aux normes d'interprétation citées ci-dessus, nous pouvons les classer dans la classe des sols peu calcaires.

Pour les échantillons 1, 2, 7 et 8 de la première station et les échantillons 1, 2, 3, 4 et 6 de la deuxième station d'après les normes (voir tableau, XIII) on peut les considérer comme des sols modérément calcaire.

Enfin les échantillons 3, 4, 5 et 6 de la première station sont classées dans la classe des sols fortement calcaires.

En sol calcaire les carbonates de calcium sont les constituants majeurs qui interviennent dans la fixation des éléments traces, soit par absorption ou par précipitation d'hydroxyde ou de carbonates, ou encore par insertion dans le réseau de CaCO_3 (Perron, 1999).

Dans les sols calcaires et les sols minéraux pauvres en matière organique, la présence des minéraux qui contiennent de calcium, du magnésium, et du fer, entraîne la précipitation du plomb (Deneux M. et al, 2003).

Le calcaire total joue un rôle important dans les sols, son équilibre de dissolution contrôle partiellement le pH et une teneur élevée en carbonates rend le sol alcalin, favorisant, ainsi l'ensemble des méthodes de fixations ; de plus la surface de CaCO_3 est le siège de précipitation, d'adsorption et d'absorption (Plassard, 1999).

Les coefficients de corrélation des teneurs en calcaire totale et en teneurs en plomb dans le sol sont positifs pour les deux stations ($r_1 = 0.24$), ($r_2 = 0.24$).

Donc la forte teneur en calcaire fait que le milieu est basique $\text{pH} > 7$. L'influence du pH sur la solubilité de plomb est de ce fait rendue faible, puisque il y a une association entre les cations du plomb (Pb^{++}) et les carbonates (CO_3^{--}) en résultant la précipitation du plomb donc l'accumulation du plomb dans le sol.

5. Matière organique

Pour Singh et al, (1997) La matière organique joue un rôle important dans la mobilité des métaux lourds dans le sol.

Aussi, d'après Choudhry, (1994) la matière organique des sols se caractérise comme les argiles par une grande surface spécifique et par son pouvoir gonflant permettant la pénétration de l'eau et la diffusion de molécule de petites tailles qui peuvent ainsi se lier avec les substances humiques

Par ailleurs, Bride, (1998) ; a cité que La liaison métallique de la matière organique peut être vue comme un processus d'échange ionique H^+ et les ions métalliques sur les groupes fonctionnels acides .

Duthil (1970), affirme que le taux de la matière organique est normal lorsque il est de 2 à 4 % ce qui est le cas de l'échantillon 1 de la première station.

D'après le même auteur lorsque le sol dépasse un taux de 4 % il est considéré comme humifères ; c'est le cas de tous les autres échantillons (à l'exception de l'échantillon 01).

Le plomb interagit fortement avec les constituants du sol et se trouve fortement associé avec la matière organique. Le plomb est l'un des éléments les moins mobiles des sols surtout ceux limoneux et riches en matière organique, et il ne présente que peu de risque de migration dans le profil (Deneux et al 2003).

C'est pour cette raison qu'une corrélation positive a été constatée entre les teneurs en plomb dans le sol des deux stations et les valeurs de la matière organique avec un coefficient de corrélation fortement élevé dans la première stations ($r_1 = 0.96$) et moyen dans la deuxième stations ($r_2 = 0.54$) respectivement.

6. La capacité d'échange cationique (C E C)

La capacité maximale d'éléments traces métalliques qu'un sol peut renfermer devrait être en fonction de sa capacité d'échange cationique c'est-à-dire de sa capacité de retenir des ions des métaux lourds (Webber et Seigh in Laib,2003).

Tableau. XIV : Normes d'interprétation pour la (C E C) (INRA)

(CEC) meq/100g du sol	Très faible	faible	Moyenne	Elevée	Très élevés
DELMAS et DARGITIGUE (INRA)	<5	5-10	10-15	15- 20	>20

D'après ce tableau nous constatons que les valeurs de la CEC de tous les échantillons analysés sont très élevés avec des valeurs de 50 meq/100 à 125 meq/100.

la valeur de la CEC dépend de la charge superficielle des argiles, des oxydes, mais aussi de celle des matières organiques. Les contributions sont additive de sorte

$$\text{CEC}_{\text{sol}} = \text{CEC}_{\text{argile+oxyde}} + \text{CEC}_{\text{M.O}}$$

Selon J. Delas (1976), un doublement de la teneur en matière organique d'un sol sableux (de 2 à 4%) double également la capacité d'échange cationique de ce dernier, cette capacité passant de 50 Meq /100g à 100Meq/100g. donc plus un sol est riche en matière organique stable, plus son pouvoir tampon est fort et plus sa capacité d'échange est élevé.

D'après les coefficients de corrélations une relation négative est enregistrée entre la CEC et la teneur en plomb des deux stations ($r_1 = - 0.59$), ($r_2 = - 0.59$) respectivement.

7. La conductivité électrique (C. E)

Tableau. XV : échelle de salure européenne, d'après (Gros, 1979)

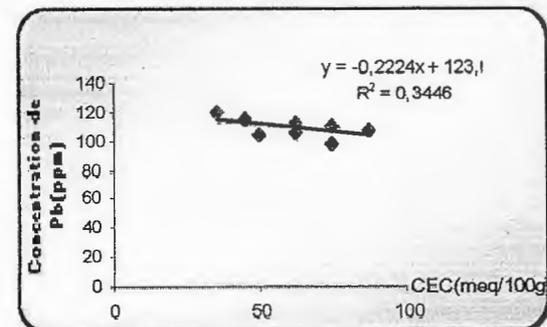
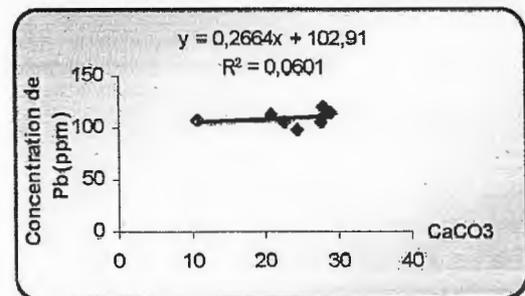
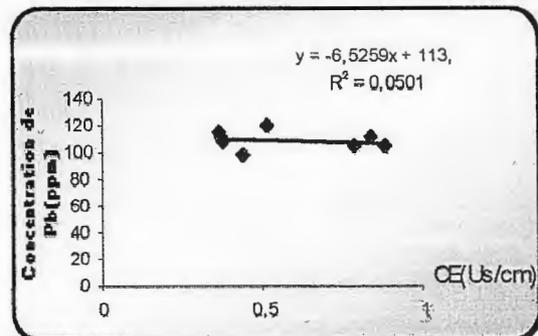
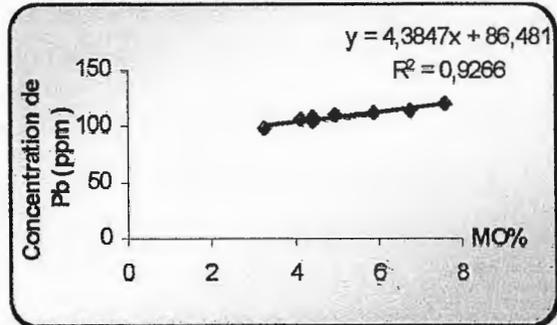
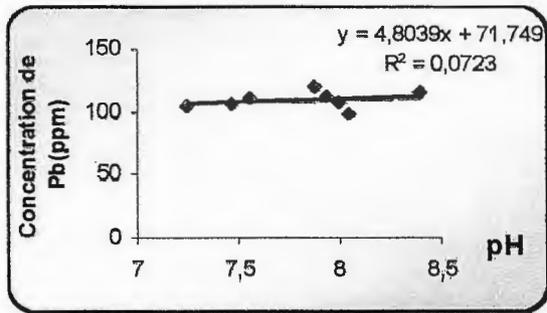
Extrait	Non salé	Peu salé	Salé	Très salé	Extrêmement salé
C E (Ms/cm)	0 à 06	0.6 à 1.2	1.2 à 2.4	2.4 à 06	< 06

D'après l'échelle de salure européenne, on classe les échantillons 1, 5, 6, 7 et 8 de la première station et tous les échantillons de la deuxième station dans la classe des sols non salé.

Pour les échantillons 2, 3 et 4 de la première station présentent des sols peu salés.

Les teneurs en plomb et la conductivité électrique (C E) du sol des deux stations corrélées négativement avec des coefficients de corrélation ($r_1 = -0,22$) ($r_2 = -0,16$) respectivement.

STATION 01



STATION 02

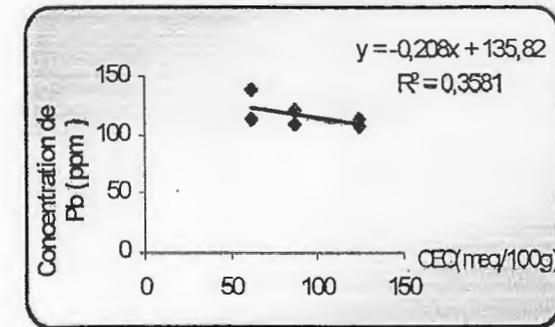
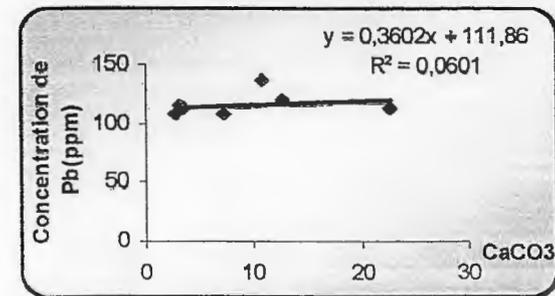
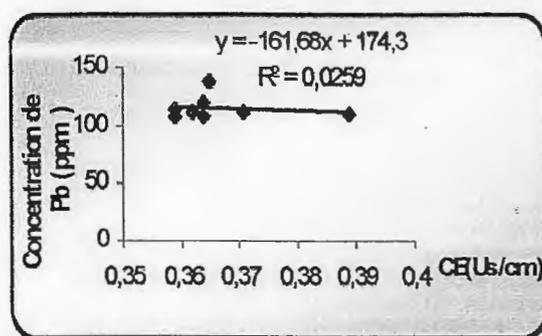
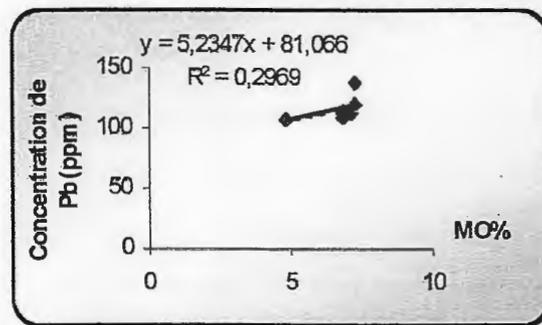
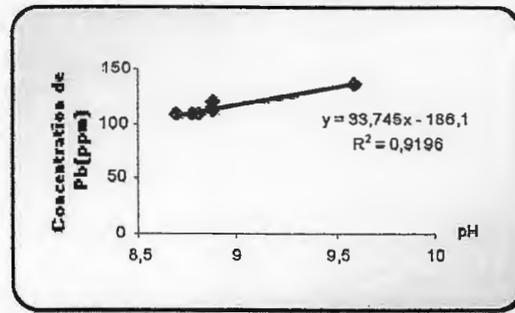


Fig 16. Corrélation entre les concentrations en plomb (ppm) et le pH, MO, CE, CaCO₃ et CEC dans les deux stations.

Conclusion

L'objectif que nous nous sommes proposés d'atteindre à travers cette étude et de confirmer ou infirmer une éventuelle pollution naturelle par le plomb dans le sol de la charge contrôlée de Beni-Ahmed.

Les résultats auxquels nous avons abouti nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

* A l'exception de l'échantillon (1) de la première station une légère pollution est enregistrée au niveau du sol de la décharge.

En effet la distribution à quelques exceptions près du plomb semble stable et homogène en fonction des facteurs du milieu, susceptible d'agir directement ou indirectement sur la solubilisation et la mobilité du plomb tels que : pH, teneurs en matière organique, en calcaire.

Les coefficients de corrélation positifs entre les facteurs du milieu (pH, No, CaCO_3) et les teneurs totales en plomb confirment cette hypothèse.

* Les valeurs de concentrations en plombs obtenus dans cette étude sont nécessaires, pour éviter les risques de confusion dans l'interprétation des résultats d'analyse dans l'avenir.

A titre d'exemple, la valeur de 98.28 ppm est inférieure à la norme AFNOR (100 ppm) est considéré comme ne devant poser aucun problème. Pour Baize D (1997 b) ce raisonnement est fallacieux et il démontre que 85 ppm du plomb est dans la plus part des types de sols l'indice de contamination sont négligeable car ayant une origine anthropique.

La teneur en tel ou tel élément permet de connaître le stock de cet éléments a un moment donné, elle ne donne malheureusement aucun renseignement sur sa mobilité dans le sol sur sa disponibilité vis-à-vis des plantes. Il est pourtant sujable de bien faire la part de ce qui est naturel et de ce qui contamination car le métal des apports anthropiques présente certainement des risques supérieurs au métal naturel, souvent immobilisé sous des formes relativement inertes.

Il est pratiquement impossible de fixer une valeur unique de teneur totale d'un élément ayant une signification de risque utilisable pour tous les types de sol Baize D, (1997 a).

* A la lumière de ce qui a été dit, nous constatons que la seule teneur totale ne donne pas une idée juste d risque de contamination, des études complémentaires sont donc nécessaires ; comme les études physiques et chimiques de spéciation permettant de mieux comprendre la forme sous laquelle le métal est le plus toxique.

A travers cette étude nous avons trouvés un pH basique un taux de matière organique et de calcaire totale considérable. Ces conditions conduites à la précipitation du plomb de sorte que ce dernier s'accumule dans le sol jusqu'au point ou un changement dans les conditions physiques ou chimiques ou biologiques entraîne un transfert de plomb.

Donc la question qui se pose dans la pollution du sol par les éléments traces métalliques :

- Bien que les éléments traces sont mobiles, ne s'accumulent pas dans les sols, et vont être transférés vers les nappes phréatiques et les plantes, contaminant ainsi la population.

- Ou bien les ET ne sont pas mobiles et n'entraînent aucun risque immédiat pour la population, mais conduisent à une contamination durable, voir irréversible des sols. Il s'agit donc d'un choix entre le court et le longterme : ou bien les ETM sous des sources de contamination immédiate, ou bien le problème est rejeté sur les génération futures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIES

Référence :

(A)

- (1) **Abdul Rida A. (1992)**. Biosurveillance de la contamination du sol : apport de l'étude des lambriciens à l'évaluation des risques liés aux éléments traces. Thèse doct. Sci et Techn. Univ. Montpellier, France, 232p.
- (2) **AFNOR. (1994)**. Agence Française de normalisation, qualité des sols. Recueil des normes Françaises, 3^{ème} ed. AFNOR ; Paris ; 534.
- (3) **Autissier N. (1983)**. Nutrition et hygiène alimentaire. Eléments métalliques dans les aliments Lyon pharmaceutique. pp87. France.
- (4) **Anonyme. (2002)**. phase A : identification des sites potentiels des décharges document interne. Inspection de l'environnement.

(B)

- (5) **Baize. (1988)**. Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, France imprimé par Jouve, Paris 172 p.
- (5)**Baize D. (1997) (a)**. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols de France. Référence et stratégie d'interprétation. Ed. INRA Paris.
- (6)**Baize D. (1997) (b)**. Détermination du fond pédogéochimique des sols de la plaine de lys (Nord) et de « l'état normal » des sols agricoles. O.Q.S. rapport interne.
- (7)**Beliefert C; Perraud R. (2001)**. Chimie de l'environnement. Ed. De boek. 463 p.
- (8)**Billar H. (1999)**. Techniques d'ingénieur .N° d'impression : 900201.Ed ISTRAIN.
- (9)**Bouchereau J. M. (1992)**. Estimation des émissions atmosphériques de métaux lourds en France pour le chrome, le cuivre, le nickel, le plomb et le zinc. Rapport CITEPA.
- (10)**Bourellierp H. et Thelin J . (1998)**. contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leur gestion. Rapport de l'académie des sciences. N° 42. Tec et Doc lavoisier. Paris.
- Bride, M. B, (1989)**. Reaction controlling heavy metal solubility in soils. In advances in soil sciences, volume 10, New York: spring-verlag, pp. 1-6.

(C)

- (11)**Cezard.C et Haguenoer.J.M. (1992)**. Toxicologie du plomb chez l'homme, 350p.éditions médicales internationales,Paris,450p.

(12) **Choudhry, G.G. (1994).** Humic substances; positive interactions; structural, photophysical and free radical aspects and interactions with environmental chemicals. New York: Gordon and Breach sciences publishers. INC, 95-134.

(13) **CNID. (2001).** Centre national d'information indépendante sur les déchets. Les décharges d'ordures ménagères, un danger potentiel près de chez vous. Dossier de synthèse édité par le CNID en Mai 2001.

(14) **Cottenie A., Verloo M., Kienkens L., Camerlynck R., Velche G & Dhaese A. (1979).** Essential and non-essential trace elements in the system soil-water-plant. Lab. Anal. Agrochemistry, R. U. G. Ghent, 75

(D)

(15) **Dabek R W., Mckenzie A.D, La croix G. M .A . (1987)** Dietary intakes of lead .cadmium, arsenic, and fluoride by cadmium adults : a 24-hour duplicate diet study.

(16) **Damien A. (2004).** Guide de traitement des déchets, Ed : Dunod.

(17) **Delas J.(1995)** La lettre d' information du laboratoire d'analyses et de conseils Agronomiques (I N R A Bordeaux).

(18) **Dethil, J. (1970).** Eléments d'écologie et d'agronomie croissance du milieu. Tome I. Ed : J. E. Bailliere et fils, 385.

(F)

(19) **Faurie C., Ferra C., Medori P., Devane J., Hemptinne J. L. (1998).** Ecologie approche scientifique et pratique. Ed: Tec and DOC. Paris, London, New York, pp293.

(20) **Frank., C. Lu. (1992).** Toxicologie : données générales – procédures d'évaluation organes cibles. Ed, Masson, pp 293-313.

(G)

(21) **Gobat J. M., Aragonm. Matthey W. (2003).** Le sol vivant. Ed. presses polytechniques et universitaire romande. 571p.

(22) **Gros. (1979).** Engrais guide pratique de la fertilisation 7ème Ed :Maison Rustique,p 533

(H)

(23) **Hanks M .(1989).** Atmosphérique lead in put to agricultural corps in DENMARK chemosphere,1849p.

(I)

(24) **Impens R. (1974).** Présence de plomb dans l'environnement. Annales de Gomblox

(J)

(25) **Johnston, H, Carl F. (1991).** Les déchets domestiques et les polluants industriels. Ed Gamma. Ed du trecarré.

(26) **Juste C., Chassin P., Gomez A., Lineres M., Moc quoot B. Feia I. et Wiart J. (1995).** Les micropolluants métalliques dans les boues résiduaires.

(K)

(27) **Kabata – Pendias A. and Pendias H. (1984).** Traces elements in soil and plants. 6nd Ed. CRC press. Ed. Boca Raton. NN, USA: 360-380.

(28) **Kadem DHAOU –EL-Djabine. (2005).** Evaluation et comportement des métaux lourds (Cr, Cu, Ni, Pb, Zn et Mn) dans les sols à vocation agricole et à végétation naturelle soumis à une pollution atmosphérique. (EL-HADJAR. ANNABA. Est Algérien). Influence de la végétation sur la dynamique de ces métaux. Thèse Doctorat d'état université de Constantine.

(29) **Kiekens, L. VERLOOM et COTTENIE A. (1983).** Behaviour and biological importance of trace elements in soil. Lab. Anal. Agrochemic. State university, pp 324, Ghent, Belgium.

(30) **Koller E. (2004).** Traitement des pollutions industrielles, eau, air, déchets, sols, boues. Ed. DUNOD. Pp (351-354).

(L)

(31) **Lagerweffe j. (1971)** lead cadmium, arsenic and cadmium as environmental contaminant contribution from. the U.S, soil laboratory and water concervation research A.R.S USDA. Bbeltsville, Maryland.

(32) **Laib E. (2003).** Evaluation de la contamination de l'eau, des sédiments et des plantes par les effluents résiduaires de la tannerie de jijel. Thèse magister. Univ, Jijel.

(33) **Lamoix J. N. et Roy M. L. (1976).** Manuel du technicien sanitaire pp86.

(34) **Levesque L (bureau national de l'information scientifique et technique – BNIST).(1976)** les micropolluants minéraux dans les beau superficielles continentales, rapport n°=.le pb-l'étain .,538p.

(35) **London C. (1999).** Techniques d'ingénieur .N° d'impression : 900201. Ed ISTRAIN.

(M)

(36) **Meyer K. (1991).** La pollution des sols en suisse. Rapport thématique du programme National de recherche« sol » .Liebefied-Berne.

(37) **Miquel G. 20. (2001).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport 261 (2001/2002). Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques. 365p.

(38) **Morlot M. (1996).** Aspects analytiques du plomb dans l'environnement. Ed. Lavoisier, Paris, 481 p.

(39) **Murat M., (1981).** Valorisation des déchets et des sous produits industriels. Ed. MASSON. pp 3.

(O)

(40) **OFEFP. (1989).** Directive pour le prélèvement d'échantillons de sols et analyses de substances polluantes Ed. OCRIM. 24 p.

(41) **O.F.S. (1997).** Office fédérale de la statistique. Statistique suisse de l'environnement N°6. Les déchets.

(42) **ONM. (2005/2006).** Office national de météorologie. Station Jijel- Achwat.

(43) **Ould Mohamed Mahmoud A. (1999).** Détection de la pollution plombique d'origine automobile à l'aide de bioaccumulateurs dans la région d'Annaba (Algérie). Thèse de Magister. Université Badji Mohtar. Annaba.

(P)

(44) **Perron P. (1999).** Les micropolluants métalliques des boues des stations d'épuration urbaines et l'étage agricole. Mempuess, DEP ; Université Picardie, Amiens.

(45) **Plassard, F, (1999).** Influence de la complexation sur la rétention de trois cations métalliques au sol alcalin application a un bassin d'infiltration d'eau pluviales, thèse université Claud Bernard, Lyon I. 140p.

(R)

(46) **Ramad F. (2003).** Dictionnaire encyclopédie d'écologie et de l'environnement.

(47) **Robert M. (1996).** Le sol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Ed. MASSON. 244p.

(48) **Rousseaux P. (1988).** Les métaux lourds dans les ordures ménagères: origines, formes chimiques, teneurs. Rapport CCE – ministère de l'environnement – ANRED.

(S)

(49) **Schaffer, R. (1975)** la matière organique du sol 1 ère séminaire sur la croissance des sols de Maghreb, Institut National Agronomique El Harrach (Alger).

(50) **Schell B. (1992).** Comportement des métaux lourds dans les fumées des incinérateurs de déchets. 57p. Rapport de stage, Master européen en ingénierie pour l'environnement, Université de Savoie, Chambéry.

(51) **Steulet Jérôme, SSIE. (2003)** : analyse de la concentration en plomb du sol sur et aux bords des pistes des aérodromes.

(52) **Sylvie Deneux. Mustin ; Sylvie Koussel – Debet ; Christian Mustin ; Pascal Henner ; Colette Munier – lamy ; Claude Colle ; Jaques Berthelin ; Jasqueline Garnier Laplace et Corinne Leyval. (2003).** Mobilité et transfert racinaire des éléments en trace Influence des micro-organismes du sol. Ed. Lavoisier R, 2003.

(53) **Singh, B, R., Aval R.R., Almas A. (1997).** Residual effect of organic matter on cadmium uptake by plants and its distribution in soil. Paris – France, 21p.

(V)

(54) **Verloo M. (1974).** Influence of soil organic matter on the behavior of heavy metals in soils and sediments. Lab. Anal. Agrochemistry, R.U.G. Ghent, pp7-22. Ghent, Belgium.

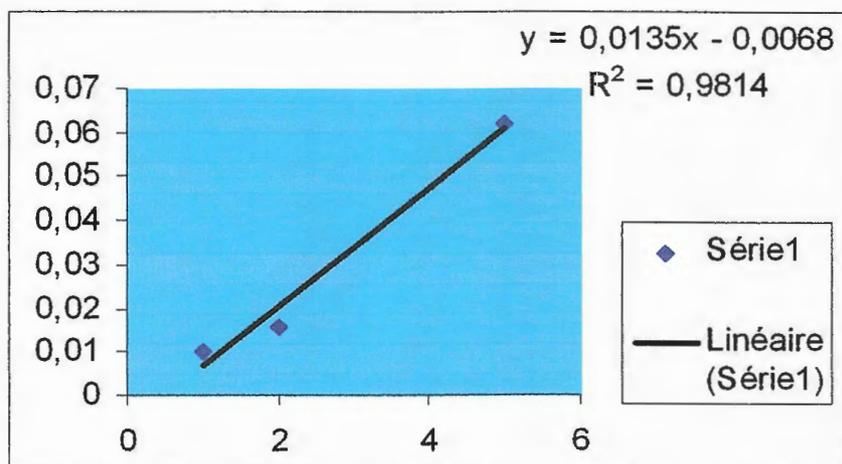
(Z)

(55) **Zimmerli. (1989).** Vorkommen and gesundheitliche Bewertung toxischer Spurenelemente in der Nahrung. Gebeite Lebensm. Hgg. 80, 490-518.

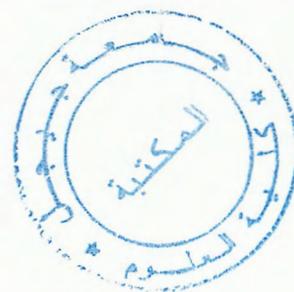
(W)

(56) **Pisani. NET-Sentieridi dattici-Alber**

ANNEX I



Courbe d'étalonnage du plomb



Annexe II

I. Modes opératoires des paramètres étudiés

I.1. Mesure du pH

- Peser 10g de terre tamisée (2 mm) dans un bécher de 50 ml et ajouter 25 ml d'eau distillée exactement mesuré.

- agiter 2 minutes.

- Laisser reposer ½ heure.

- La mesure du pH se fait à l'aide d'un pH-mètre sur la solution du sol.

I.2. Mesure de la conductivité électrique

-Peser 10g de sol tamisée (2 mm) dans un bécher de 100 ml et ajouter 50 ml d'eau distillée.

- Agiter 2 minutes.

- Laisser reposer ½ heure.

- Effectuer les mesures de la conductivité à l'aide d'un conductimètre électronique sur la solution du sol.

I.3. Détermination de la densité apparente

-Peser une motte de terre dans un verre de montre (P_1).

- Attacher la motte à un fil de 30 cm de longueur, faire cette opération au dessus du verre de montre.

- plonger la motte dans la paraffine liquide. La paraffine doit être assez liquide pour qu'elle puisse soigneusement enrober la motte entière, mais assez froide pour qu'elle se fige directement au contact de la surface (environ 40 °C). L'immersion doit être de courte durée car autrement l'air de la motte s'échauffe trop et se dilate en créant des cavités entre le fil et la motte.

- Peser le verre de montre avec les particules de terres détachées (P_2).

- Peser la motte de terre enrobée de paraffine (P_3).

- Peser la motte sous eau : la motte de terre est suspendue dans un bécher d'eau qui repose sur une balance ; la différence de poids entre le bécher d'eau avec la motte immergée et le bécher d'eau est égale à la force ascendante selon la loi d'Archimède (P_4).

Calcul

Densité apparente de la motte sèche : $d_a = P_m / V_m$.

• Poids de la motte : $P_m = P_1 - P_2$

• Volume de la motte : $V_m = V_{m'} - V_p$

I.4. Détermination du calcaire total

- Introduire 1g de terre tamisé à 2 mm dans un pilulier.

- Introduire prudemment dans cet pilulier un tube à hémolyse rempli de 2 ml de HCL (avec une micropipette).

- Fermer le pilulier et déterminer le volume du à l'enfoncement du bouchon après avoir équilibré les niveaux de la solution dans les deux bras du manomètre.

Noter : $V_t =$ volume témoin.

- Agiter le pilulier pour que HCL prend contact avec l'échantillon (terre) et continuer à remuer jusqu'au moment où le liquide arrête de descendre dans le calcimètre.

- Le volume de gaz se lit après la mise à niveau sous pression atmosphérique (noter V_e : volume de l'échantillon)

$$V_{\text{corrigé}} = V_e - V_t$$

Remarque

Avant de faire ce mode d'opération, on fait l'étalonnage du calcimètre c'est-à-dire on détermine la relation entre les quantités connues de carbonates et les volumes de CO_2 dégagés.

Pour cela on remplace le 1g de terre par 15g de $CaCO_3$ pur et on suit le même mode opératoire.

I.5. Dosage de la matière organique

-Après avoir pesé les capsules et ces contenus, on les porte dans le four à moufles à 600 °C pendant 1 heure.

- Sortir ensuite les capsules du four pour qu'elles puissent se refroidir.

- peser chaque capsule avec son contenu dès que sa température est proche de celle du laboratoire et on fait le calcul suivant :

$$\text{Matière organique} = (\text{poids avec échantillon} - \text{poids vide}) \times 100$$

$$C \% = \frac{M.O}{2}$$

I.6. Analyse granulométrique

Elle permet de connaître en taille des particules des sols :

Argile	Limon	Sable fin	Sable grossier	Gravier	Cailloux
	2μ	20μ	200μ	2 mm	20 mm

La méthode utilisée pour la détermination des fractions granulométriques est la méthode international ; à la pipette de Robinson (norme AFNOR x 31– 107, Juillet 1983). Elle consiste à séparer la partie minérale du sol en fonction de diamètre des particules est à déterminer, les proportions relatives à ces fractions.

- Les fractions grossières, sont séparées par tamisages, tandis que les fractions fines (limons, argiles) sont séparées par sédimentation. Le prélèvement de ces dernières se base sur la relation liant, le temps de sédimentations et le diamètre des particules données par la loi de Sticks. On prélève un petit volume connu de la suspension dont on pèsera le résidu solide après évaporation du liquide.

Il a noter, qu'avant toute analyse granulométrique, on doit procédera :

• Une destruction de la matière organique avec 100 ml de H₂O₂ (110 V), ainsi que celle du calcaire avec 100 ml de HCL (0.2 N).

• Une dispersion des colloïdes par l'adjonction d'un agent défloculant (peptisant) : l'héxamétaphosphate.

I.7. Mesure de la C.E.C

Mettre 2 ml de la solution du sol. Ajouter 2 ml de NaOH et 38 ml d'eau distillée, plus quelques gouttes de phénol ph-thalien dans un ballon d'un litre, met le dans un chauffe-ballon. Dans le bécher de collection, mettre 8 ml d'acide borique plus quelques gouttes d'indicateur de Tachiro, dans la colonne de titration, on met la solution de H₂SO₄. Au moment où le virage de la couleur du violet vers le vert est effectué on commence la titration par H₂SO₄, puis on applique la formule de calcul suivante :

$$T = (V_2 - V_1) \times C \times 50 \times 2 \times 100 / mv.$$

. V₂ : volume de témoin.

. V₁ : volume de l'échantillon.

. C : concentration de H₂SO₄ = 0.025 mol/l.

. m : prise d'essai = 1g du sol.

. v : prise d'essai = 2 ml de la solution du sol.

I.8. Méthode de dosage de plomb

I.8.1. Préparation des extraits de sol

Les extraits des sols ont été préparés selon la méthode d'écrite par (Hoenning. et al, 1979).

Elle consiste en une digestion humide. Le plomb est extrait avec une solution sulfonitrique-eau oxygénée. Pour cela, 1ml d'acide sulfurique, 3 ml d'acide nitrique concentré et 3 ml d'eau oxygénée à 30 % sont ajoutés à 1g d'échantillon (le sol), dans un Erlen Meyer rodé de 250 ml, fixé à un réfrigérant. L'ensemble est chauffé jusqu'à l'ébullition qui est maintenu durant 15 mn. Après refroidissement et rinçage du réfrigérant par quelque millilitre d'eau déminéralisée, le contenu de Erlen Meyer est filtré sur le papier filtre sans cendre, à vitesse moyenne de filtration, ou sur membrane de type millipore, dans une fiole jaugée de 50 à 100 ml, selon le besoin.

I.8.2. Préparation d la gamme d'étalonnage

A partir d'une solution mère de 1000 ppm, une solution fille à 100 mg/l diluées dix fois ont été préparées. Ces solutions intermédiaires servent à préparer la gamme d'étalonnage pour le métal étudié (Tableau).

Elément	Etalons (ppm)		
	01	02	05
Plomb	0.01	0.016	0,062

Liste des tableaux

Tab. I : Contenu des roches en éléments traces (ppm).....	15
Tab. II : Relevé pluviométrique au niveau de Jijel pendant la période de prélèvement (Mai 2005 – Avril 2006).....	24
Tab. III : Relevé thermique au niveau de Jijel pendant la période de prélèvement (Mai 2005 – Avril 2006).....	24
Tab. IV : Moyenne mensuelles (2005-2006) de la vitesse du vent au sol (m/s)	25
Tab. V : Pourcentage des fractions granulométriques	34
Tab. VI : Les valeurs du pH des sols des deux stations étudiées	35
Tab. VII : Les valeurs du calcaire total des sols étudiées	36
Tab. VIII : Les valeurs de la matière organique des sols obtenues dans deux stations étudiées.....	37
Tab. IX : Les valeurs de la capacité d'échange cationique des 02 stations étudiées.....	37
Tab. X : Les valeurs de la conductivité électrique des 2 stations étudiées.....	38
Tab. XI : Les valeurs de la densité apparente des deux stations étudiées.....	39
Tab. XII : Les valeurs des teneurs en plomb des sols obtenues dans deux stations étudiées.....	40
Tab. XIII : Normes d'interprétation du calcaire total selon (Baize, 1988).....	46
Tab. XIV : Echelle de salure européenne (Gros, 1979).....	47

Listes des figures

Fig. 01 : Circuit de traitement des déchets collectés.....	06
Fig. 02 : Schéma d'une décharge de classe 1 pour les déchets ultimes.....	08
Fig. 03 : Evacuation des par pompage.....	10
Fi04 : Réseau dégazage.....	12
Fig05 : Schéma représentatif du plomb	19
Fig. 07 : Carte de localisation de la zone d'étude (décharge contrôlé de Beni Ahmed).....	23
Fig. 07 : Diagramme embrothermique de Gausson de Jijel (Mai 2005 – Avril 2006).....	25
Fig. 08 : Schéma présentatif du pourcentage des fractions granulométriques	34
Fig. 9 : Schéma présentatif des valeurs de pH sous formes d'histogramme.....	35
Fig. 10 : Schéma représentatif des teneurs de calcaire totale sous forme d'histogramme.....	36
Fig. 11 : Schéma représentatif des teneurs de la matière organique.....	36
Fig. 13: Schéma représentatif des valeurs de C.E.C sous formes d'histogramme.....	38
Fig. 13 : Schéma représentatif des valeurs de la C.E sous forme d'histogramme.....	38
Fig. 14 : Schéma représentatif des valeurs de la densité apparente.....	39
Fig. 15 : Schéma représentatif de teneurs en plomb des sols obtenu.....	40
Fig.16 : Corrélation entre les concentrations en plomb (ppm) : le pH, MO, CE. Caco ₃ , CEC dans les deux stations	48

Thème

Evaluation des teneurs en plomb du sol au niveau du site de la décharge.
Beni Ahmed (risque d'une pollution géogène).

Nom et Prénoms de étudiantes :

Melle BOUAB NAIMA
Melle HAROUNE WASSILA

Date de soutenance

Le : 22/09/2006

Résumé

La détermination des teneurs en plomb du fond pédogéochimique par la spectrophotométrie UV du site de la future décharge « Beni-Ahmed » montre que le sol de cette dernière est légèrement pollué.

L'étude des différents paramètres physico-chimiques confirme que le plomb est immobilisé sous des formes relativement inertes.

Mots clés

Décharge, sol, métaux lourds, plomb, pollution et fond pédogéochimique.

Summary

Determination of pedo-geochemic the lead contents of the bottom by spectrophotometry UV of the site of the future discharge "Beni-Ahmed" shown that the soil of the latter is slightly polluted.

The study of the various physicochemical parameters confirmed that lead is immobilized in relatively inert forms.

Key words

Discharge, soil, metals heavy, lead, pollution and melts pedo-geochemic.

المخلص

* إن تقدير كمية الرصاص بواسطة جهاز الطيف الإلكتروني فوق بنفسجي الموجودة في العمق البيدوجيوشيمي لموقع التفريغ المستقبلي لبني أحمد وضحت أن تربة هذا الأخيرة ملوثة قليلاً.

* إن دراسة مختلف المعايير الفيزيائية والكيميائية للتربة أكدت أن الرصاص غير متحرك (فسي حاملة ثابتة نسبياً)

الكلمات المفتاحية: التفريغ، التربة، المعادن الثقيلة، الرصاص، التلوث، العمق البيدوجيوشيمي

Encadreur : Mme : Benfridja laila